НОВЫЯ ИДЕИ ВЪ ФИЗИКѢ.

Непеpiодическое изданiе,
выходящее подъ редакцiей заслуженнаго профессора

И. И. БОРГМАНА.

СБОРНИКЪ ВТОРОЙ.

ЭѲИРЪ И МАТЕРIЯ.



Издательство „ОБРАЗОВАНIЕ“, СПб.
1911.



Типографія В. Безобразовъ и Ко. В. О., Большой пр., 61.

Въ настоящее время въ наукѣ существуютъ два прямопротивоположныхъ воззрѣнія на эѳиръ. Одни ученые стремятся объяснить большую часть явленій особыми процессами въ эѳирѣ, другіе вполнѣ отрицаютъ даже существованіе эѳира.

Въ настоящемъ сборникѣ помѣщены статьи, соотвѣтствующія двумъ этимъ направленіямъ.

И. Боргманъ.

Оглавленіе.

Эѳиръ и матерія.

П. Ленарда.

(Рѣчь, произнесенная въ засѣданіи Гейдельбергской Академіи Наукъ 4-го Іюня 1910 года).

Когда естествоиспытатель выступаетъ съ рѣчью въ собраніи, подобномъ настоящему, то, быть можетъ, ему умѣстно остановиться на разсмотрѣніи наиболѣе общаго вопроса, который возможно предложить, а именно: въ какомъ видѣ, какимъ представляется ему міръ? Но чтобы говорить объ этомъ, естествоиспытатель необходимо долженъ предупредить, что высказываемыя имъ положенія могутъ относиться лишь къ той части міра, которая при помощи нашихъ органовъ чувствъ доступна количественному изслѣдованію. Познаніе міра со стороны количественной, иначе говоря, возможность всегда численно сравнивать и провѣрять всѣ полученные результаты съ дѣйствительностью, и составляетъ то, что отличаетъ естественныя науки отъ наукъ о духѣ. Эту часть міра, доступную, благодаря нашей способности къ воспріятію, количественному изслѣдованію, мы можемъ назвать *матеріальнымъ* міромъ; только матеріальный міръ интересуетъ естествоиспытателя, и о немъ лишь составилъ онъ себѣ извѣстное представленіе. Картины же естествоиспытателя, изображающія міръ, — какъ это впервые ясно высказалъ Герцъ — таковы, что логически-необходимыя слѣдствія

этихъ картинъ всегда, въ свою очередь, суть представленія о естественно-необходимыхъ послѣдствіяхъ изображенныхъ объектовъ. Благодаря такому основному свойству этихъ представленій, естествоиспытатель можетъ предсказывать. Въ совпаденіи этихъ предсказаній — опять-таки со стороны количественной—съ дѣйствительностью заключаются, съ одной стороны, провѣрка правильности представленій, о чемъ уже было упомянуто, а, съ другой стороны, также и практическая цѣнность естествознанія.

Однако, картины или представленія естествоиспытателя бываютъ двухъ родовъ. Количественнаго характера они всегда; но они могутъ—и это будетъ *первый родъ представленій*, *картинъ*,—всецѣло исчерпываться количественными отношеніями между наблюдаемыми величинами. Въ этомъ случаѣ они вполнѣ могутъ быть выражены математическими формулами, главнымъ образомъ дифференціальными уравненіями. Это тотъ путь, которымъ предпочли пойти Кирхгофъ и Гельмгольтцъ и который Кирхгофомъ былъ названъ математическимъ описаніемъ природы. Примѣромъ такихъ картинъ являются: законъ тяготѣнія Ньютона и электродинамическія уравненія Максвелла. Логически-необходимыми слѣдствіями тѣхъ представленій, картинъ, въ развитіи которыхъ и заключается пользованіе и вмѣстѣ съ тѣмъ провѣрка представленій, будутъ исключительно математическія слѣдствія вышеупомянутыхъ уравненій, и ничего больше.

Но можно пойти еще дальше, и это приведетъ насъ ко *второму роду картинъ, представленій*. Руководящей нитью здѣсь будетъ одно убѣжденіе, безъ котораго изслѣдованія натуралистовъ безусловно никогда бы не были успѣшными, а именно убѣжденіе, что всѣ процессы,

совершающіеся въ природѣ,—по крайней мѣрѣ въ природѣ неживой суть лишь процессы движенія, т. е. только перемѣщенія одной и той же разъ навсегда данной матеріи. Тогда въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ мы будемъ имѣть дѣло съ механизмами, и составленныя нами въ качествѣ представленій перваго рода уравненія будутъ уравненіями механики; они будутъ соотвѣтствовать вполнѣ опредѣленнымъ механизмамъ, и эти-то механизмы мы можемъ разсматривать, какъ изображенія происходящихъ въ природѣ процессовъ. Механическія модели, динамическіе модели вещей (der Dinge) будутъ тогда изображеніями ихъ въ нашемъ умѣ. Механическіе модели и уравненія, слѣдовательно, картины обоего рода, въ случаѣ ихъ правильности совершенно эквивалентны другъ другу по результатамъ, даваемымъ ими. Однако, модели обладаютъ весьма большими преимуществами передъ голыми уравненіями. И не въ силу только большого удовлетворенія, которое онѣ могутъ дать по сравненію съ дифференціальными уравненіями,—такъ какъ въ модели мы имѣемъ болѣе непосредственное изображеніе внѣшняго міра—а потому прежде всего, что, пользуясь моделями, мы примѣняемъ не только нашу способность математически мыслить, но и способность создавать геометрическіе и динамическіе образы: модели являются механизмами, которые совершаютъ свое движеніе въ трехмѣрномъ пространствѣ. Это обстоятельство пріобрѣтаетъ особенное значеніе тогда, когда мы оперируемъ не готовыми уже представленіями, картинами, чтобы при ихъ помощи безошибочно предсказать будущія явленія, а тогда, когда дѣло идетъ о киртинахъ, временно гипотетическихъ, созданныхъ съ цѣлью заранѣе построить гипотетическіе же выводы, что и сопровождаетъ *самый*

процессъ изслѣдованія природы. Такъ, напр., структурныя формулы въ химіи, именно съ тѣхъ поръ, какъ ихъ стали представлять также трехмѣрными, являются типичнымъ образомъ моделей молекулъ, подлежащихъ изслѣдованію. И развѣ мыслимо было бы химику успѣшно разрабатывать свою науку, если бы ему не была предоставлена возможность различнымъ образомъ пространственно распредѣлять въ своихъ моделяхъ атомы и различно комбинировать ихъ въ своемъ представленіи?

Необходимо также отмѣтить, что механическія модели всегда играли большую роль и въ построеніи картинъ перваго рода. Такъ, Максвеллъ пришелъ къ своимъ знаменитымъ дифференціальнымъ уравненіямъ, исходя изъ воображаемыхъ механизмовъ въ эѳирѣ. И наоборотъ: самая совершенная строго математически сформулированная картина перваго рода удовлетворяетъ не надолго. Очевидно, человѣку свойственно искать въ картинѣ болѣе глубокій смыслъ и ставить далѣе вопросъ о механизмѣ самого явленія. Даже Ньютонъ былъ не вполнѣ удовлетворенъ той картиной закона тяготѣнія, которая была имъ установлена, несмотря на плодотворность этой картины. И для него былъ неизбѣженъ дальнѣйшій вопросъ о скрытомъ, но все же существующемъ механизмѣ, при помощи котораго, въ согласіи съ его закономъ, дѣйствующія другъ на друга массы стремятся сблизиться. Впрочемъ, во время Ньютона такой вопросъ еще и не могъ быть даже затронутъ, да и въ наши дни, какъ мы это впослѣдствіи увидимъ, это оказывается трудно выполнимымъ. Такимъ образомъ стремленіе разгадать механизмъ природы, переступивъ рамки чистаго математическаго описанія ея, и представить вещи въ образѣ динамическихъ моделей въ такой же мѣрѣ старо, какъ

сама динамика, и, очевидно, такое стремленіе глубоко коренится въ человѣкѣ. Въ новѣйшее время лордъ Кельвинъ и Гертцъ выдвинули эту проблему на первый планъ.

Вопросъ сводится къ слѣдующему: дѣйствительно ли удастся намъ этимъ путемъ дать вѣрное изображеніе дѣйствительности? Свойственно ли вообще человѣческому разуму въ такомъ видѣ изобразить себѣ всю природу— пока мы опять-таки имѣемъ въ виду лишь неживую природу. Какъ разъ въ настоящее время возникаютъ по этому поводу серьезныя сомнѣнія, и можетъ быть мнѣ удастся еще сегодня, помимо положительныхъ результатовъ, указать также и на тѣ трудности, которыя дали поводъ сомнѣніямъ такого рода.

Чтобы итти впередъ, намъ придется прежде всего, какъ мнѣ кажется, признать за постулатъ, что нашему разуму свойственно не только математически описывать природу, но и постигать ее. А принявъ этотъ постулатъ, я могу сказать Вамъ, какая наша картина матеріальнаго міра, и въ чемъ заключаются встрѣчающіяся въ настоящее время трудности для его познанія.

Все, что совершается въ этомъ мірѣ, есть *движеніе, перемѣщеніе одного и того же разъ навсегда даннаго вещества.*

Какъ на возникновеніе, такъ и на исчезновеніе вещества нигдѣ не встрѣчается ни малѣйшаго указанія. Такимъ образомъ, въ дальнѣйшемъ мы должны лишь показать каково это вещество, какъ оно распредѣлено въ пространствѣ и какого рода движеніе претерпѣваетъ. И тутъ-то мы должны прежде всего ввести основное положеніе, что вещество, т. е. то, что претерпѣваетъ движеніе и изъ чего, по нашему мнѣнію, состоитъ

весь матеріальный міръ, *двоякаго рода*: *матерія и эѳиръ*.

Изъ *матеріи* состоятъ всѣ окружающія насъ и осязамыя нами тѣла: твердыя, жидкія, газообразныя, наше собственное тѣло, словомъ, все, что получается изъ приблизительно 100 элементовъ, т. е. изъ всѣхъ родовъ химическихъ атомовъ. Согласно нашему представленію, матерія имѣетъ зернистую структуру. Зерна эти мы можемъ назвать атомами, и, какъ было уже сказано, существуетъ круглымъ счетомъ 100 различныхъ видовъ атомовъ, изъ которыхъ одни, вообще говоря, не превращаются въ другіе. Если мы увеличимъ нашу картину приблизительно въ 10 милліоновъ разъ. то такія зерна окажутся величиной въ горошину. Обыкновенно атомы соединяются между собой въ группы, и эти группы, обладающія самостоятельнымъ движеніемъ, мы называемъ молекулами. Такъ, напр., въ водяномъ парѣ каждые два атома водорода прочно соединены съ однимъ атомомъ кислорода въ одну молекулу воды, имѣющую собственное движеніе. Вся матерія, которую мы видимъ вокругъ себя, представляетъ лишь скопленіе подобныхъ молекулъ. Эта картина строенія матеріи въ настоящее время разработана въ весьма высокой степени. Она содержитъ цѣлый рядъ количественныхъ чертъ, причемъ всѣ онѣ уже выдержали множество количественныхъ провѣрокъ съ дѣйствительностью и служатъ намъ надежнѣйшимъ путеводителемъ при изслѣдованіи всевозможныхъ явленій неживой матеріи. Для естествоиспытателя, вооруженнаго подобнымъ представленіемъ о матеріи, нѣтъ уже никакого сомнѣнія въ томъ, что онъ вступилъ на вѣрный путь.

Особеннаго вниманія заслуживаютъ очень большія

молекулы. Въ молекулѣ водяного пара содержатся лишь три атома. Если же молекула составлена изъ десятковъ или сотенъ тысячъ атомовъ, что представляетъ уже цѣлый сложный самодовлѣющій мірокъ, какъ это, напр., имѣетъ мѣсто въ молекулѣ протоплазмы, то она можетъ быть надѣлена и тѣмъ, что мы называемъ духомъ. Въ этомъ случаѣ молекулы являтся носителями чудесныхъ жизненныхъ явленій, объяснить которыя посредствомъ картинъ, вообще говоря, оказавшихъ столь значительныя услуги, естествоиспытатель безсиленъ и по сей день. Только одно сопоставленіе приблизительно можетъ вывести естествоиспытателя изъ круга извѣстныхъ ему картинъ *): измѣненіе въ количественной группировкѣ скопленій атомовъ можетъ фактически повлечь за собою совершенно новыя свойства.

Переходя еще къ большимъ скопленіямъ атомовъ, мы придемъ къ шарообразнымъ тѣламъ такой величины, какъ луна, затѣмъ, какъ земля и, наконецъ, какъ солнце. Наша луна, конечно, представляетъ собою огромное скопленіе атомовъ, и все же атомовъ этихъ слишкомъ мало, чтобы удержать вокругъ нея газовую оболочку или атмосферу. Для осуществленія этой возможности требуется гораздо большее скопленіе атомовъ, каковое, напр., представляетъ собою земля; количественное объясненіе этого явленія, притомъ вполнѣ обоснованное, даютъ намъ наши же атомныя представленія. Земля удерживаетъ вокругъ себя газовую оболочку, благодаря достаточной величинѣ своей массы. Но и земля, въ свою очередь, не настолько велика, чтобы образовать въ пространствѣ постоянный свѣточъ, какимъ является солнце,

*) Приведенное здѣсь сопоставленіе даетъ O. Lodge въ своей книгѣ „Life and Matter“.

почти въ милліонъ разъ большее, чѣмъ земля. Лишь подобныя огромныя скопленія атомовъ могутъ въ теченіе весьма продолжительнаго времени сохранять ту высокую температуру, которая необходима для самосвѣченія.

(Эѳиръ). Такимъ образомъ мы пришли къ самымъ большимъ скопленіямъ матеріи, къ солнцамъ, къ разсѣяннымъ въ небесномъ пространствѣ неподвижнымъ звѣздамъ. И вмѣстѣ съ тѣмъ мы видимъ, какъ ничтожно-мало матеріи въ мірѣ; ибо какъ ничтожны эти свѣтила по сравненію со свободными отъ матеріи промежуточными пространствами между ними; эти пространства настолько велики, что проходятъ тысячелѣтія, пока быстрый свѣтовой лучъ пробѣгаетъ ихъ. Такимъ образомъ почти все безконечное пространство оказывается незаполненнымъ. Но мы не можемъ себѣ представить его пустымъ, наоборотъ, мы его представляемъ сплошь заполненнымъ веществомъ второго рода, отличнымъ отъ матеріи, *эѳиромъ*.

Глаза, эти самые главные входы, черезъ которые проникаютъ къ намъ всѣ наши знанія, показываютъ, что эѳиръ непрерывно заполняетъ все пространство отъ насъ до самыхъ отдаленныхъ неподвижныхъ звѣздъ, которыя только что могутъ быть обнаружены. Ибо свѣтъ каждой такой звѣзды—и это представляетъ собою несомнѣнный результатъ изслѣдованія природы—не что иное, какъ вызванное звѣздою колебаніе, которое доходитъ до насъ, распространяясь постепенно во всѣ стороны, подобно волнамъ на поверхности воды, и эти волны свѣта движутся со скоростью 300.000 км. въ секунду. Періоды вызванныхъ звѣздою возмущеній доходятъ до насъ неизмѣненными и выраженными до такой степени опредѣленно, что Бунзенъ и Кирхгофъ, благодаря

этому, сумѣли произвести химическій анализъ наиболѣе отдаленныхъ свѣтилъ. Но въ такомъ случаѣ междузвѣздное пространство должно быть заполнено чѣмъ-то такимъ, что обладаетъ способностью приходить въ колебаніе и съ точностью передавать эти колебанія отъ точки къ точкѣ съ указанною выше скоростью. Это именно нѣчто мы и называемъ эѳиромъ, а приведенныя разсужденія содержатъ доказательства въ пользу существованія эѳира. Но скоро мы увидимъ, что эѳиръ выполняетъ еще многія другія функціи и даже въ такомъ количествѣ, что еще и въ настоящее время естествоиспытатель встрѣчаетъ не мало затрудненій создать такую картину, которая вполнѣ соотвѣтствовала бы многообразной дѣятельности эѳира. Какъ гигантскій неизмѣримый механизмъ, заполняющій все пространство и вмѣщающій въ себѣ все, что намъ извѣстно, представляется намъ эѳиръ. Мы обратимся сейчасъ къ ближайшему разсмотрѣнію его, а затѣмъ прибавимъ нѣсколько словъ по поводу матеріальныхъ атомовъ, которые словно какіе-то слѣды разсѣяны въ немъ.

Мы должны брать свойства эѳира такъ, какъ мы ихъ въ немъ находимъ; мы попытаемся объединить эти свойства въ одномъ образѣ, не смущаясь тѣмъ—а мнѣ думается, это обстоятельство напрасно приводило многихъ въ смущеніе,—что свойства эти совсѣмъ иного характера, чѣмъ свойства твердыхъ, жидкихъ и газообразныхъ тѣлъ. Вѣдь эѳиръ не есть матерія, и привлеченіе матеріи допустимо лишь въ цѣляхъ сравненія. Что же касается массъ эѳира, то мы пока не вправѣ утверждать больше того, что эти массы слѣдуютъ общимъ законамъ движенія, которымъ обычно подвержена всякая матерія.

Остановимся сперва на явленіяхъ свѣта, давшихъ намъ свѣдѣнія о существованіи эѳира, и установимъ, что свѣтъ представляетъ собою *поперечныя* колебанія, т. е., что колебанія совершаются перпендикулярно къ направленію распространенія свѣта или, выражаясь разговорнымъ языкомъ, свѣтовыя волны образуютъ горы и долины, а не сгущенія и разрѣженія, какъ это будетъ въ звуковыхъ волнахъ, представляютъ собою продольныя колебанія въ воздухѣ. Уже давнія изслѣдованія въ области оптики, а именно изслѣдованія поляризаціи свѣта, показали, что свѣтовыя колебанія поперечны. Но поперечныя волны не могутъ образоваться ни въ газахъ ни въ жидкостяхъ; онѣ свойственны только тѣламъ твердымъ. Такимъ образомъ мы заключаемъ, что эѳиръ по отношенію къ явленію распространенія въ немъ волнъ ведетъ себя не какъ жидкость или газъ, а какъ чрезвычайно твердое тѣло. При этомъ, однако, сами мы, какъ и всякая другая матерія, проникаемъ сквозь эѳиръ такъ легко, что не замѣчаемъ ни малѣйшаго препятствія такому передвиженію. Это именно мы и имѣемъ въ виду, когда, противопоставляя эѳиръ матеріи, принимаемъ его за нѣчто неосязаемое.

Не слѣдуетъ забывать, что мы совершаемъ не только относительное движеніе въ этомъ залѣ, но что и весь залъ вмѣстѣ съ нами, и весь земной шаръ движется съ немалой скоростью въ эѳирѣ, въ томъ самомъ эѳирѣ, который въ отношеніи къ своимъ собственнымъ колебаніямъ ведетъ себя какъ неподвижное твердое тѣло; вотъ уже первое затрудненіе, кажущееся удивительнымъ, когда мы пытаемся выяснить механизмъ эѳира. Идя дальше въ этомъ направленіи, мы прежде всего натыкаемся на слѣдующій вопросъ: увлекается ли эѳиръ

движущейся въ немъ матеріей, напримѣръ, движущимся земнымъ шаромъ или остается въ покоѣ? Отвѣтъ на этотъ вопросъ даетъ явленіе аберраціи, наблюдаемое астрономами и состоящее въ томъ, что кажущіяся положенія неподвижныхъ звѣздъ, вслѣдствіе движенія земли по орбитѣ, нѣсколько смѣщаются въ сторону. Очень скоро послѣ того, какъ О. Рёмеръ впервые замѣтилъ скорость распространенія свѣта, стали искать явленіе аберраціи и дѣйствительно нашли его. Оказалось, что наблюдаемая величина смѣщенія звѣзды, вслѣдствіе аберраціи, въ точности соотвѣтствуетъ допущенію полнаго покоя эѳира въ зрительной трубѣ, при помощи которой производится наблюденіе, несмотря на то, что эта труба движется съ весьма большою скоростью вмѣстѣ съ землею по ея орбитѣ. Точно также и въ другихъ замкнутыхъ пространствахъ, напр., здѣсь, въ этомъ залѣ, эѳиръ не задерживается стѣнами, а свободно проникаетъ все, свободно проходитъ сквозь весь земной шаръ и не испытываетъ на себѣ никакого дѣйствія движенія земли. Итакъ, мы должны твердо установить, что эѳиръ не испытываетъ никакого вліянія отъ движенія матеріи сквозь него, но онъ, однако, реагируетъ на измѣненіе скорости (на ускореніе); къ этому мы еще вернемся.

(Гиростатическій эѳиръ). Какими же должны мы представлять себѣ массы эѳира, чтобы онѣ удовлетворяли свойству тѣла внутренне неизмѣннаго, но вмѣстѣ съ тѣмъ не оказывающаго никакого сопротивленія движенію? Здѣсь мы приходимъ къ модели гиростатическаго эѳира, данной лордомъ Кельвиномъ. Вообразимъ, что внутри эѳира происходятъ бурныя вихревыя движенія. Желая найти механизмъ эѳира, мы ни въ коемъ случаѣ не должны представлять себѣ эѳиръ сплошнымъ. Допус-

тимъ, что эѳиръ состоитъ изъ отдѣльныхъ элементовъ, которые для краткости назовемъ ячейками; содержимое каждой отдѣльной ячейки находится въ состояніи вращенія; оси вращенія различныхъ ячеекъ направлены въ разныя стороны. Короче говоря, эѳиръ состоитъ изъ отдѣльныхъ вращающихся массъ, причемъ оси вращенія этихъ массъ расположены весьма безпорядочно. Свойства вращающихся массъ хорошо изучены. Итакъ, у насъ получается слѣдующая картина: отдѣльныя вращающіяся массы или ячейки способны безпрепятственно перемѣщаться относительно другъ друга; по скольку существованіе вращенія въ ячейкахъ не служитъ препятствіемъ этому относительному перемѣщенію, по стольку эѳиръ обнаруживаетъ свойства жидкостей. Но вращеніе каждой отдѣльной ячейки обусловливаетъ невозможность движенія ея около произвольно-выбранной оси — вслѣдствіе этого эѳиръ и обнаруживаетъ свойства неизмѣняемаго твердаго тѣла. Разница между степенью крѣпости вещества въ твердомъ состояніи и степенью крѣпости гиростатическаго эѳира заключается лишь въ томъ, что въ твердыхъ тѣлахъ частицы не находятся въ состояніи вращенія; онѣ удерживаются въ своихъ положеніяхъ силами притяженія сосѣднихъ частицъ, и эти силы препятствуютъ частицамъ перемѣщаться другъ относительно друга. Въ эѳирѣ же вращеніе ячеекъ противодѣйствуетъ ихъ движенію около другихъ какихъ-нибудь осей, но допускаетъ возможность смѣщенія ихъ другъ относительно друга. Вообразимъ себѣ, что какой-нибудь (матеріальный) шаръ движется въ такой гиростатической средѣ. Онъ не будетъ испытывать никакого противодѣйствія своему движенію. Сопротивленіе, которое испытываетъ такое шарообразное тѣло при своемъ движеніи въ какой-

либо матеріальной жидкости, зависитъ отъ двухъ причинъ. Первая причина: треніе при перемѣщеніи слоевъ жидкости другъ относительно друга, чего нѣтъ въ эѳирѣ, такъ какъ его части не обладаютъ тепловымъ движеніемъ. Вторая причина: вихри (килевая вода), которые образуются позади движущагося шара, что также не можетъ имѣть мѣста въ эѳирѣ, ибо происходящія въ немъ вращательныя движенія препятствуютъ возникновенію другихъ, новыхъ вращательныхъ движеній *). Такимъ образомъ шаръ можетъ передвигаться въ эѳирѣ, не встрѣчая никакого сопротивленія. Происходящее при этомъ смѣщеніе среды въ стороны, что вызывается движеніемъ шара въ ней, производитъ лишь кажущееся увеличеніе массы шара.

Наконецъ, въ чрезвычайно маломъ количествѣ матеріи въ пространствѣ мы находимъ объясненіе и тому обстоятельству, что до сихъ поръ еще не наблюдали тѣхъ явленій, которыя соотвѣтствуютъ перемѣщеніямъ эѳира вокругъ движущейся въ немъ матеріи.

Мы увидимъ, что перемѣщеніе эѳирныхъ массъ и соединенное съ нимъ кажущееся увеличеніе массы матеріальнаго тѣла играетъ роль въ нѣкоторыхъ случаяхъ.

Продолжая дальнѣйшее изслѣдованіе эѳира, разсмотримъ и другія его функціи. Эѳиръ не только передатчикъ волнъ видимыхъ, свѣтовыхъ, но онъ передатчикъ и волнъ ультрафіолетовыхъ, инфракрасныхъ и электрическихъ; всѣ эти волны имѣютъ одинаковыя свойства, но различную длину, измѣняющуюся отъ десятитысячныхъ долей миллиметра до километровъ. Эти послѣднія,

*) Для этого, собственно говоря, достаточно лишь указать на отсутствіе тренія въ эѳирѣ; ибо, съ одной стороны, при отсутствіи тренія не возникаютъ вихревыя движенія, а съ другой стороны не могутъ исчезнуть уже существующія.

т. е. самыя длинныя волны, суть тѣ электрическія волны, при помощи которыхъ со временъ работъ Гертца получилась возможность телеграфировать безъ проводовъ. Изъ тождества волнъ электрическихъ и свѣтовыхъ мы заключаемъ съ увѣренностью, что тотъ же эѳиръ, который приноситъ намъ отъ солнца свѣтъ, теплоту и всякую другую энергію, служитъ вмѣстѣ съ тѣмъ передатчикомъ и электрическихъ и магнитныхъ силъ. „*Одинъ* эѳиръ для свѣта, теплоты и электричества“, въ такихъ словахъ выразился лордъ Кельвинъ о блестящемъ успѣхѣ изслѣдованій Гертца въ области электричества. Всѣ эти волны, не исключая электрическихъ, поперечнаго характера. Продольныхъ волнъ въ эѳирѣ не оказалось, несмотря на тщетныя поиски и даже желаніе отыскать ихъ. Изъ этого слѣдуетъ, что эѳиръ или совсѣмъ не сжимаемъ, или настолько мало сжимаемъ, что продольныя колебанія должны распространяться въ немъ со скоростью, далеко превосходящею скорость свѣта, и съ амплитудой, совершенно незамѣтной. Итакъ, отдѣльныя ячейки эѳира держатся на неизмѣнномъ разстояніи другъ отъ друга. Эта теорія сходится съ тѣмъ допущеніемъ, которое Гертцъ положилъ въ основаніи своей механики, а именно: въ матеріальномъ мірѣ, въ концѣ концовъ, все сводится къ движенію массъ, находящихся въ неизмѣнной связи другъ съ другомъ. Такимъ образомъ и Гертцъ ищетъ въ своей механикѣ динамическую модель матеріальнаго міра, но онъ не углубляется въ изслѣдованіе спеціальнаго рода движеній матеріальныхъ или эѳирныхъ массъ.

(*Силы по закону Ньютона*). Однако, эѳиръ выполняетъ еще и другія функціи, причемъ опять замѣтимъ, что мы всегда имѣемъ дѣло съ тѣмъ же гиростатическимъ эѳиромъ. Онъ долженъ быть передатчикомъ и силъ всемірнаго тяготѣнія, тѣхъ

силъ которыя сдерживаютъ солнечныя и планетныя системы, а здѣсь на землѣ заставляютъ свободно брошенный камень падать внизъ. Представленія о механикѣ этого послѣдняго явленія таково: въ то время, какъ камень еще находится въ покоѣ относительно земли, когда онъ еще прикрѣпленъ къ своему мѣсту, въ средѣ, заполняющей пространство между камнемъ и землей, въ эѳирѣ уже имѣется движеніе; это движеніе всегда существуетъ въ эѳирѣ, оно непосредственно связано съ вкрапленными въ эѳиръ атомами матеріи, соотвѣтствуетъ имъ и сосредоточивается вокругъ нихъ. Такимъ образомъ, когда мы освобождаемъ камень, то его паденіе не является какимъ-то новымъ движеніемъ; это заранѣе существовавшее движеніе въ эѳирѣ; оно, будучи лишь перенесеннымъ на видимую матерію, на камень, становится теперь видимымъ. Пока намъ нѣтъ надобности давать дальнѣйшія объясненія этого чуда паденія камня, такъ изящно математически описаннаго Галилеемъ, Ньютономъ и ихъ послѣдователями. Однако, одно обстоятельство представляетъ затрудненія для дальнѣйшей успѣшной разработки этого вопроса: весьма недавно мы узнали, что атомы матеріи, съ которыми связаны эти процессы въ эѳирѣ, состоятъ изъ положительнаго и отрицательнаго электричествъ. Мы знаемъ далѣе, еще со временъ Кулона, что силы взаимодѣйствія электричествъ вполнѣ аналогичны тѣмъ силамъ Ньютона, какія проявляютъ другъ на друга земля и камень. Теперь вообразимъ вмѣсто двухъ другъ къ другу тяготѣющихъ и составленныхъ изъ электричествъ атомовъ два отдѣльныя самостоятельныя количества электричества; мы будемъ имѣть передъ собою болѣе простую, но въ то же время и болѣе фундаментальную проблему. Мы увидимъ, сколько

трудностей она заключаетъ въ себѣ. Мы должны здѣсь исходить изъ силовыхъ линій, придуманныхъ Фарадеемъ и Максвеллемъ для изображенія направленія электрическихъ (и, какъ увидимъ впослѣдствіи, также и магнитныхъ) силъ. Дѣйствительно, изображеніе вполнѣ совершенное. Силовыя линіи даютъ намъ отвѣты на всѣ вопросы, которые могутъ у насъ возникнуть относительно того, какъ ведетъ себя и какъ дѣйствуетъ воображаемая электрическая система. Для этого достаточно лишь представить себѣ, что эти линіи вполнѣ аналогичны натянутымъ матеріальнымъ нитямъ, которыя вмѣстѣ съ тѣмъ одновременно отталкиваютъ другъ отъ друга. Подобно такимъ матеріальнымъ нитямъ будутъ располагаться и дѣйствовать и силовыя линіи. Каждая электрическая силовая линія начинается въ томъ мѣстѣ, гдѣ находится положительное электричество, и заканчивается тамъ, гдѣ имѣется отрицательное электричество. Силовая линія никогда не заканчивается въ пространствѣ, гдѣ нѣтъ никакого электричества. Вслѣдствіе этого мы съ увѣренностью заключаемъ, что во вселенной, по скольку мы можемъ знать ее, существуетъ одинаковое количество положительнаго и отрицательнаго электричествъ. Мы никогда не въ состояніи создать новое электричество, мы можемъ только перемѣщать туда или сюда уже существующее, мы можемъ разъединять и снова соединять противоположныя электричества. Въ этомъ и заключается сущность всѣхъ извѣстныхъ намъ электрическихъ процессовъ. Соединеніе противоположныхъ электричествъ происходитъ само по себѣ, когда нѣтъ этому препятствія. Въ послѣднемъ случаѣ силовыя линіи и дѣйствуютъ, какъ натянутыя нити.

Уравненія, представляющія собою математическую

картину — картину перваго рода — этихъ процессовъ, именно уравненія Максвелла, являются вмѣстѣ съ тѣмъ и математическимъ изображеніемъ этихъ Фарадеевыхъ силовыхъ линій.

Но прежде, чѣмъ мы перейдемъ къ вопросу, какой механизмъ въ эѳирѣ соотвѣтствуетъ этимъ силовымъ линіямъ, вспомнимъ еще другія силы, существующія помимо электрическихъ, силы, которыя вначалѣ принимали за совершенно особенныя, не имѣющія съ электрическими ничего общаго, но дѣйствующія также по закону Кулона, а именно силы магнитныя.

Магнитныя силы точно также могутъ быть превосходно представлены силовыми линіями. Эти магнитныя силовыя линіи обладаютъ тѣми-же особенностями, какъ и электрическія силовыя линіи; но въ противоположность послѣднимъ магнитныя силовыя линіи суть линіи замкнутыя; онѣ никогда и нигдѣ не оканчиваются. Такое представленіе вполнѣ соотвѣтствуетъ положенію, что вообще не существуетъ магнетизма, какъ какой-то особой субстанціи, сконцентрированной въ магнитныхъ полюсахъ. Магнитныя силовыя линіи точно также обладаютъ свойствомъ дѣйствовать подобно отталкивающимъ другъ друга натянутымъ нитямъ; онѣ во всѣхъ отношеніяхъ вполнѣ аналогичны этимъ послѣднимъ. Вслѣдствіе этого магнитныя силовыя линіи приводятъ, напр., въ движеніе кусокъ желѣза, который попадетъ въ поле ихъ дѣйствія; вслѣдствіе этого движутся наши электроматоры. Всѣ эти процессы поддаются полному количественному опредѣленію, основанному на свойствахъ силовыхъ линій, и заключаются въ математической картинѣ Максвеллевыхъ уравненій. При помощи соотвѣтственно налаженныхъ опытовъ возможно сдѣлать электрическія и

магнитныя силовыя линіи непосредственно видимыми (магнитныя линіи, напр., посредствомъ желѣзныхъ опилокъ), и такимъ образомъ экспериментально прослѣдить ихъ распредѣленіе. въ отдѣльныхъ случаяхъ. Пространство, въ которомъ обнаруживаются электрическія или магнитныя силы, въ которомъ, слѣдовательно, существуютъ такія силовыя линіи, мы называемъ, для краткости, *электромагнитнымъ полемъ*.

(Теченія и вихри въ эѳирѣ). Электрическія и магнитныя силы, во многомъ аналогичныя другъ другу, все же существенно отличаются между собою; магнитные полюсы, изъ которыхъ выходятъ магнитныя силовыя линіи, представляютъ собою нѣчто совсѣмъ иное, чѣмъ наэлектризованныя тѣла, изъ которыхъ вытекаютъ электрическія силовыя линіи. Итакъ, мы должны искать въ эѳирѣ два различныхъ механизма, дѣйствующіе каждый, какъ натянутыя и въ вмѣстѣ съ тѣмъ отталкивающія другъ друга нити. Что же представляютъ собою эти два механизма, столь удивительно аналогичные и въ то же время коренньмъ образомъ отличные другъ отъ друга? Отвѣтъ на этотъ вопросъ не возбуждаетъ сомнѣній. Мы знаемъ двоякаго, и только двоякаго рода движенія, возникающія внутри пространственно протяженныхъ, могущихъ претерпѣвать сдвиги, несжимаемыхъ системахъ массъ, причемъ оба рода движеній, будучи совершенно отличными другъ отъ друга, распредѣляются по вышеописаннымъ силовымъ линіямъ. Оба эти рода движеній извѣстны намъ, благодаря изслѣдованіямъ матеріальныхъ жидкостей и газовъ, и особенно хорошо изучены они Гельмгольтцемъ; это суть: *теченія и вихри*. Если внутри какой-нибудь жидкости существуютъ теченія, то отдѣльныя части жидкости описываютъ линіи, называемыя

токовыми линіями, и эти линіи имѣютъ точную форму и группировку силовыхъ линій. Подобно электрическимъ силовымъ линіямъ, токовыя линіи также никогда не заканчиваются внутри самой жидкости; онѣ могутъ оканчиваться или возникать только тамъ, гдѣ жидкость исчезаетъ или вновь притекаетъ, подобно тому, какъ электрическія силовыя линіи заканчиваются или возникаютъ лишь тамъ, гдѣ наблюдается развитіе одного (или другого) рода электричества. Однако, токовыя линіи могутъ быть также замкнутыми линіями, т. е. такими, какими являются магнитныя силовыя линіи. Замкнутыя токовыя линіи въ жидкости возникаютъ тогда, когда нѣтъ притока или утека жидкости и когда послѣдняя подвержена однимъ лишь внутреннимъ возмущеніямъ. Совершенно такія же свойства обнаруживаютъ также и оси вихревыхъ движеній, которыя могутъ происходить въ жидкостяхъ. Эти оси, въ общемъ представляющія собою кривыя линіи, называются вихревыми нитями. Вихревыя нити образуются и группируются точно такъ же, какъ электрическія и магнитныя силовыя линіи; и онѣ никогда не имѣютъ концовъ внутри среды, а или простираются до границъ послѣдней, или же образуютъ замкнутыя кольца. Замкнутыя вихревыя нити, называемыя также *вихревыми кольцами*, всѣмъ извѣстны, напр., въ видѣ дымовыхъ колецъ въ воздухѣ.

Итакъ, возможно, что оба рода силовыхъ линій, электрическія и магнитныя, являются *или* токовыми линіями, *или* также и вихревыми нитями въ эѳирѣ. Если однѣ изъ силовыхъ линій, напр., электрическія, будутъ токовыми линіями, то другія, магнитныя, непремѣнно должны быть вихревыми нитями, или наоборотъ. Выборъ между двумя этими возможностями еще и въ настоящее

время, безъ сомнѣнія, не установленъ. Съ этимъ вопросомъ связаны слѣдующія трудности: если мы примемъ, что электрическія силовыя линіи суть токовыя линіи въ эѳирѣ, то намъ придется также принять, что каждое количество положительнаго (или обратно—отрицательнаго) электричества является источникомъ и мѣстомъ истеченія новаго эѳира, а каждое количество отрицательнаго (или обратно—положительнаго) электричества является резервуаромъ, куда эѳиръ проникаетъ и гдѣ онъ исчезаетъ. Въ такомъ случаѣ вся масса эѳира должна быть подвержена безпрерывному исчезновенію и возникновенію, на что въ дѣйствительности не имѣется никакихъ указаній; а допущеніе существованія въ скрытомъ видѣ обратнаго тока не находитъ себѣ никакого подтвержденія въ извѣстныхъ намъ фактахъ.

Если мы обратимся ко второй возможности, т. е., что токамъ въ эѳирѣ соотвѣтствуютъ магнитныя силовыя линіи, то вышеупомянутая трудность совершенно отпадаетъ, ибо магнитныя силовыя линіи всегда замкнуты на себя, и соотвѣтственные имъ токи въ эѳирѣ будутъ исключительно внутренніе, безъ всякаго притока новаго эѳира и утека существующаго. Но въ этомъ случаѣ передъ нами возникаютъ иного рода затрудненія, а именно: электрическія силовыя линіи должны быть вихревыми нитями въ эѳирѣ, причемъ начало и конецъ этихъ нитей должны находиться въ мѣстахъ скопленія электричества. Но такія вихревыя нити могутъ образоваться въ средѣ, претерпѣвающей внутреннія вращательныя движенія, и только изъ существовавшихъ уже раньше вращеній, ибо подобныя вращенія служатъ препятствіемъ для возникновенія всякаго новаго вращательнаго движенія около какихъ-нибудь другихъ осей.

Отсюда слѣдуетъ, что вихревыя нити въ гиростатическомъ эѳирѣ можно себѣ представить какъ часть пространства, въ которомъ оси раньше существовавшихъ вращеній повернулись такъ, что вмѣсто безпорядочнаго расположенія всѣ эти оси приняли направленіе вихревыхъ нитей. Хорошей иллюстраціей такому явленію можетъ служить самый простой волчокъ. Внутреннія вращенія, которыя, какъ видно, представляютъ собою необходимое условіе для установленія вихревыхъ нитей, распредѣляются (безъ плоскостей скольженія) въ пространственной средѣ вообще не такъ, какъ описанныя выше электрическія силовыя линіи. Такія вращенія могутъ не обнаружить никакого схожденія, тогда какъ электрическія силовыя линіи обыкновенно сходятся повсюду, гдѣ имѣется электричество.

Большая заслуга Бьеркнеса, что онъ математически изслѣдовалъ и проанализировалъ всѣ эти вопросы и связанныя съ ними трудности. Повидимому, самъ Бьеркнесъ остановился на первой изъ вышеупомянутыхъ двухъ возможностей; но въ такомъ случаѣ при современномъ состояніи нашихъ знаній объясненіе вполнѣ незаконнаго исчезновенія и новаго образованія эѳира остается непреодолимо затруднительнымъ.

(*Одна вихревая нить у каждаго электрона*). Я полагаю, однако, что можно избѣгнуть затрудненія, если выбрать вторую изъ возможностей (магнитныя силовыя линіи суть токовыя линіи, электрическія силовыя линіи суть вихревыя нити въ эѳирѣ) и, если кромѣ этого, допустить, что въ дѣйствительности наблюдаемое непрерывное распредѣленіе электрическихъ силъ около наэлектризованныхъ тѣлъ только кажется такимъ непрерывнымъ, что на самомъ дѣлѣ изъ каждаго наэлектри-

зованнаго тѣла исходитъ лишь опредѣленное число силовыхъ линій — вихревыхъ нитей, — и между этими нитями имѣются свободные промежутки. Такое представленіе вполнѣ согласуется съ послѣдними изслѣдованіями — мы вернемся еще къ этому, — подтверждающими прежніе выводы Максвелла *) и Гельмгольтца, сдѣланные ими изъ наблюденій надъ явленіями электролиза, а именно: гдѣ бы ни наблюдалось электричество, оно всегда раздѣлено на отдѣльныя элементарныя количества вполнѣ опредѣленной и постоянной величины, на, такъ называемые, электроны. Если мы припишемъ силовымъ линіямъ самостоятельное существованіе, что было сдѣлано еще Фарадеемъ на основаніи его собственныхъ наблюденій надъ явленіями природы, а именно въ видѣ допущенныхъ нами вихревыхъ нитей въ эѳирѣ, то изъ такого допущенія само собою будетъ вытекать новое положеніе, что на каждомъ элементарномъ количествѣ электричества должно оканчиваться опредѣленное число вихревыхъ нитей эѳира, въ простѣйшемъ случаѣ хотя бы одна такая нить **). Принимая это положеніе и основывая на немъ наше дальнѣйшее изложеніе, мы должны будемъ признать, что отъ каждаго наэлектризованнаго тѣла расходится столько отдѣльныхъ вихревыхъ нитей, сколькими элементарными количествами электричества заря-

*) Хивизайдъ (O. Heaviside) обратилъ мое вниманіе на то, что Максвеллъ еще раньше Гельмгольтца указывалъ на эти выводы (въ сочиненіе: „Electricity & Magnetism“, I изданіе, 1873, глава объ электролизѣ).

**) Это представленіе о существованіи хотя бы одной электрической силовой линіи у каждаго электрона я провожу уже нѣсколько лѣтъ въ своихъ лекціяхъ по экспериментальной физикѣ; при внимательномъ изученіи работъ Бьеркнеса оно прежде всего представилось мнѣ единственнымъ выходомъ изъ цѣлаго ряда затрудненій (на которыя было указано въ текстѣ).

жено это тѣло. И если въ нашихъ опытахъ у насъ получается впечатлѣніе, что изъ отдѣльныхъ точекъ исходятъ электрическія силовыя линіи не въ видѣ пучка, состоящаго изъ нѣкотораго, хотя бы и большого, числа линій, но въ видѣ сплошного пучка, то это происходитъ только отъ того, что мы всегда производимъ наблюденіе надъ тѣлами, которыя содержатъ въ себѣ слишкомъ громадное число элементарныхъ количествъ электричества.

Итакъ, мы приходимъ къ представленію, что каждому элементарному количеству электричества (электрону) соотвѣтствуетъ въ окружающемъ эѳирѣ одна вихревая нить, причемъ эта нить неразрывно связана съ электрономъ, вполнѣ принадлежитъ ему, скрѣплена съ нимъ своимъ концомъ и вмѣстѣ съ нимъ приходитъ въ движеніе. Такъ какъ отрицательный электронъ самъ по себѣ чрезвычайно малъ—мы узнаемъ это при разсмотрѣніи вопроса о заполненіи пространства матеріей, —а соединенная съ нимъ эѳирная вихревая нить можетъ имѣть большую длину, пока она не закончится на положительномъ электронѣ, то сами электроны представляются, какъ особые процессы въ эѳирѣ; все это находится въ полномъ соотвѣтствіи съ прежними моими выводами относительно катодныхъ лучей, а именно, что катодные лучи, представляющіе собою въ чистомъ видѣ отрицательные электроны, суть особые процессы въ эѳирѣ. Поэтому вполнѣ возможно разсматривать электроны, какъ части самаго эѳира въ томъ смыслѣ, что они представляютъ собою концы вихревыхъ нитей эѳира.

Въ такомъ случаѣ каждый отдѣльный свободный электронъ будетъ непремѣнно обладать односторонностью ибо исходящая изъ него вихревая нить имѣетъ опредѣ-

ленное направленіе въ пространствѣ. Потоки катодныхъ лучей, малой плотности, каковы, напр., лучи, возникающіе при освѣщеніи ультрафіолетовымъ свѣтомъ проводниковъ, или β-лучи, испускаемые нѣкоторыми радіоактивными веществами, т. е. катодные лучи, въ которыхъ электроны двигаются въ довольно большихъ разстояніяхъ другъ отъ друга, дѣйствительно, подтверждаютъ такую односторонность въ направленіи.

Вихревая нить, исходящая изъ отрицательнаго электрона, должна обладать нѣкоторой заранѣе опредѣленной интенсивностью, измѣненіе которой не зависитъ отъ нашего произвола. Если мы вообразимъ свѣтовой лучъ, представляющій собою рядъ электрическихъ волнъ, то мы будемъ имѣть въ его горахъ и долинахъ перпендикулярно къ лучу направленныя вихревыя нити, которыя, отдѣлившись отъ соединенныхъ съ ними первоначально электричествъ *), должны образовать здѣсь замкнутыя на себя кольца или, по крайней мѣрѣ, по одному кольцу въ каждой длинѣ волны. Если бы свѣтовой лучъ былъ возбужденъ колебаніемъ только одной пары электроновъ, то на длинѣ его волны могла бы образоваться лишь одна замкнутая кольцевая нить, и всѣ возникшіе такимъ образомъ свѣтовые лучи были бы въ этомъ отношеніи одинаковы другъ съ другомъ. Нужно замѣтить, что всѣ видимые лучи, какіе только мы знаемъ (я не говорю про Гертцевскія волны), дѣйствительно, представляютъ собою скопленіе такихъ именно волнъ съ одной вихревой нитью, ибо всѣ эти лучи образуются колеба-

*) Отпаденіе силовыхъ линій изслѣдовано Гертцемъ на основаніи уравненій Максвелла и впервые образцово демонстрировано на примѣрѣ съ электрическимъ осцилляторомъ.

ніями единичныхъ электроновъ, находящихся въ атомахъ свѣтящихся тѣлъ *).

(*Пондеромоторныя силы*). Теперь возникаетъ еще важный вопросъ: дѣйствительно ли вихри и теченія въ эѳирѣ, каковыми мы представляемъ себѣ электрическія и магнитныя силы, вызываютъ тѣ притяженія и отталкиванія, какія наблюдаемъ мы между наэлектризованными тѣлами и между магнитными полюсами. Уравненія гидродинамики могутъ дать намъ отвѣтъ на вопросъ о силахъ, развивающихся вслѣдствіе внутреннихъ движеній несжимаемой, матеріальной среды, хотя въ большинствѣ случаевъ рѣшеніе этихъ уравненій представляетъ очень трудную математическую задачу. Два ученыхъ, Бьеркнесы, произвели многочисленные самые тщательные опыты по этому вопросу и на самомъ дѣлѣ обнаружили существованіе силъ, подчиняющихся закону Ньютона-Кулона. Можно очень легко на опытѣ показать возникновеніе такихъ силъ, пользуясь для этого водою. Особенно хорошо можно производить подобные опыты при помощи двухъ пульсирующихъ (т. е. періодически увеличивающихся и уменьшающихся въ своемъ объемѣ) тонкостѣнныхъ резиновыхъ шариковъ, погруженныхъ въ воду; дѣйствительно, оба такіе шарика притягиваютъ или отталкиваютъ другъ друга, смотря по тому, находятся они въ одинаковыхъ или въ прямо противоположныхъ фазахъ. Взаимодѣйствіе шариковъ происходитъ въ данномъ случаѣ только благодаря возбуждаемымъ ими въ водѣ движеніямъ; (въ данномъ случаѣ возникаютъ въ водѣ на небольшомъ протяженіи движенія туда и сюда, что осуществимо

---

*) Въ этомъ, можетъ быть, заключается ядро гипотезы М. Планка и А. Эйнштейна относительно свѣтовыхъ явленій, такъ называемой, Lichtquantum Theorie.

гораздо легче и болѣе свободно отъ возмущающихъ другихъ обстоятельствъ, чѣмъ длительныя теченія).

То мѣсто, откуда начинается теченіе эѳира или куда онъ притекаетъ, представляетъ собою, по нашему мнѣнію, магнитный полюсъ. Такимъ образомъ опытъ даетъ намъ картину притяженія и отталкиванія магнитныхъ полюсовъ, причемъ наблюдаемыя силы зависятъ непосредственно отъ напряженія полюсовъ и ихъ взаимнаго разстоянія. Итакъ, мы имѣемъ здѣсь механизмъ, который порождаетъ силы типа Ньютоно-Кулоновскихъ силъ. Предположимъ, что мы не видѣли бы воды, не знали бы и о движеніяхъ, которыя возбуждаются въ ней,— въ такомъ положеніи находимся мы по отношенію къ эѳиру, въ такомъ положеніи находятся живущія на большихъ глубинахъ въ моряхъ рыбы по отношенію къ водѣ, ибо эти рыбы не попадаютъ въ пространство, гдѣ нѣтъ воды,—при этихъ условіяхъ, производя вышеописанный опытъ съ двумя пульсирующими резиновыми шариками, мы видѣли бы только два тѣла, и мы приписали бы развивающіяся силы дѣйствію этихъ шариковъ другъ на друга, происходящему на разстояніи. Но когда мы узнали бы о томъ, что въ производимомъ нами опытѣ имѣется вода и что въ ней возбуждаются внутреннія движенія, то намъ стало бы ясно, что не другое отдаленное тѣло приводитъ въ движеніе тѣло, нами наблюдаемое, а приводитъ его въ движеніе вода, которая непосредственно прилегаетъ къ этому тѣлу. Нелишне замѣтить, что при электрическихъ и магнитныхъ дѣйствіяхъ уже потому не можетъ быть сомнѣнія въ существованіи промежуточнаго механизма, что распространеніе въ пространствѣ такихъ электрическихъ и магнитныхъ силъ требуетъ, какъ это показали опыты Гертца, опредѣленнаго промежутка времени.

До сихъ поръ мы оставили еще неразсмотрѣннымъ одинъ пунктъ, а именно: направленіе силъ въ нашей модели. Какъ извѣстно, въ явленіяхъ магнитныхъ, а также и электрическихъ, притяженій и отталкиваній — одноименные магнетизмы или одноименныя электричества взаимно отталкиваются, разноименные — взаимо притягиваются. Какъ же обстоитъ дѣло въ нашемъ случаѣ, т. е. въ вышеописанномъ опытѣ? Если шарики пульсируютъ такъ, что ихъ фазы одинаковы, то, какъ показываетъ наблюденіе, шарики притягиваются, въ противномъ случаѣ, они отталкиваются; слѣдовательно, какъ разъ наоборотъ! Такимъ образомъ, хотя силы имѣютъ соотвѣтствующія величины, но направленія ихъ прямо противоположны тѣмъ, какія ожидаются. Не уничтожается ли этимъ пригодность нашей картины? Я думаю, какъ и Вьеркнесъ, что нѣтъ. У насъ слишкомъ мало знаній относительно связи между эѳиромъ и матеріей. Вѣдь можетъ быть и такъ, что то, что испытываетъ магнитную силу, не будетъ само тѣло, обладающее магнетизмомъ, а будетъ именно окружащій это тѣло эѳиръ. Въ такомъ случаѣ въ то время, какъ эѳиръ будетъ увлекаться въ одну сторону, вкрапленные въ него матеріальные силовые центры будутъ перемѣщаться въ сторону, прямо противоположную. Мы вернемся еще къ этимъ нашимъ слабымъ знаніямъ въ области взаимодѣйствія эѳира и матеріи.

Что касается электрическихъ силъ, то эти силы, если только мы будемъ разсматривать ихъ, какъ вихревыя нити въ эѳирѣ, возбуждаются въ вполнѣ соотвѣтственномъ направленіи. Уже Максвелемъ было указано, что въ вихревыхъ нитяхъ, вслѣдствіе возникающихъ въ нихъ центростремительныхъ силъ, развиваются боковыя давле-

нія, а вмѣстѣ съ тѣмъ, какъ необходимое условіе для сохраненія постоянства объема самихъ нитей, и продолное натяженіе. То и другое присуще силовымъ линіямъ, а также, какъ было выше выяснено, наблюдается и при элетрическихъ взаимодѣйствіяхъ.

(Электродинамика). Итакъ, мы уже имѣемъ силы электрическія и магнитныя. Но наша модель должна служить для представленія и другихъ дѣйствій. Мы знаемъ, благодаря открытіямъ Фарадея и Гертца, связь между разсмотрѣнными нами обоими родами силъ; вѣдь существуетъ огромная, богатая по содержанію и вполнѣ разработанная система фактовъ, на которыхъ основываются въ настоящее время многочисленныя колоссальныя примѣненія электрическихъ силъ. Эту систему фактовъ называютъ электродинамикой. Удивительпо, какъ Максвеллъ даже такое богатое поле количественныхъ знаній сумѣлъ включить въ свои уравненія, включить такъ, что при этомъ ничего не пропущено, все концентрировано; при правильной интерпретаціи этихъ уравненій возможно помощью математики развивать слѣдствія въ любомъ направленіи, конечно, при условіи, что въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ будутъ приняты во вниманіе всѣ спеціальныя особенности разсматриваемой системы тѣлъ. Если бы мы были склонны удовлетвориться упомянутыми вначалѣ картинами перваго рода, то, безусловно, въ уравненіяхъ Максвелла мы имѣли бы вполнѣ совершенную, при современномъ объемѣ нашихъ знаній, картину для всѣхъ явленій электромагнетизма и электродинамики. Едва ли возможно въ достаточной мѣрѣ выяснить, какое чудо концентраціи знаній представляютъ собою уравненія Максвелла. Эти уравненія содержатъ въ себѣ несравненно больше того, что можетъ

усмотрѣть сразу кто-либо—даже тотъ, кто установилъ эти уравненія; если эти уравненія правильны, то въ нихъ содержится лишь безусловно осуществимое. И до самаго послѣдняго времени происходило то, что изъ составленныхъ еще въ 1870-хъ годахъ Максвелломъ уравненій математически предсказывались новыя явленія, о которыхъ раньше никто не имѣлъ никакого понятія, и эти явленія оказывались, дѣйствительно, реальными. Итакъ, имѣя Максвелловы уравненія, мы въ то же время должны были знать о нѣкоторыхъ явленіяхъ, но на самомъ дѣлѣ мы и не подозрѣвали, что обладаемъ такими знаніями.

Если, обладая столь совершенной картиной перваго рода, мы все-таки не удовлетворимся ею, и пожелаемъ имѣть механизмъ, картину второго рода, то я полагаю, Вы согласитесь со мною, что намъ прежде всего будетъ необходимо прослѣдить, соотвѣтствуеть-ли построенная нами механическая картина этимъ уравненіямъ. Такую работу продѣлалъ Бьеркнесъ.

Введеніе зависимости между электрическими и магнитными силами, съ которыми мы имѣемъ дѣло, т. е. между теченіями и вихрями въ эѳирѣ, влечетъ за собою допущеніе въ нашей картинѣ существованія связей между сосѣдними частями эѳира. Согласно уравненіямъ Максвелла, эти связи таковы: 1) всякое измѣненіе скорости теченія какой-нибудь части эѳира тотчасъ оказываетъ вліяніе на сосѣднія части, выражающееся въ томъ, что вокругъ того мѣста, гдѣ измѣняется скорость потока, возникаетъ вихревая нить; 2) всякое измѣненіе интенсивности вихревой нити тотчасъ же вызываетъ токъ въ эѳирѣ вокругъ этой измѣняющей свою интенсивность вихревой нити. Причина и дѣйствіе въ данномъ случаѣ

настолько тѣсно связаны между собой, что они не только неотдѣлимы другъ отъ друга, но часто смѣшиваются другъ съ другомъ, такъ что даже не можетъ существовать замкнутой круговой вихревой нити, съ которой бы не было связано измѣненіе скорости теченія сосѣднихъ частицъ; точно также, какъ не существуетъ продолжительнаго теченія (которое, подобно всякому теченію въ эѳирѣ, можетъ быть лишь круговымъ) безъ того, чтобы оно не повлекло за собою соотвѣтствующаго, сосѣдняго измѣненія вихревой нити.

(*Электродинамическая связь*). Итакъ, ни одинъ токъ въ эѳирѣ не можетъ возникнуть безъ одновременнаго существованія вмѣстѣ съ нимъ вихревой нити. Согласно нашему представленію, вихревыя нити прикрѣплены къ электрическимъ массамъ, прикрѣплены такъ, что, какъ мы установили, къ каждому электрону примыкаетъ одна такая нить. Такъ какъ всѣ имѣющіяся въ эѳирѣ вихревыя нити связаны съ находящимся въ немъ электричествомъ, причемъ эти нити или простираются, какъ это было въ самомъ началѣ ихъ существованія, отъ одного электрона къ другому противоположнаго знака, или, послѣ отдѣленія отъ первоначальныхъ нитей, являются въ видѣ замкнутыхъ на себя линій, то въ любомъ мѣстѣ эѳира измѣненіе электрической силы можетъ происходить не иначе, какъ вслѣдствіе движенія черезъ это мѣсто уже раньше существовавшихъ въ этомъ эѳирѣ вихревыхъ нитей. Точно также и потоки въ эѳирѣ (магнитныя силы) и измѣненія этихъ потоковъ зависятъ исключительно отъ движенія существующихъ въ эѳирѣ вихревыхъ нитей. Такимъ образомъ вся электродинамика сводится къ движенію и къ происходящимъ при этомъ деформаціямъ, связанныхъ съ электричествами вихре-

выхъ нитей, а вышеупомянутая, вытекающая изъ уравненій Максвелла, связь сводится въ нашемъ представленіи къ тому что всякая перемѣщающаяся вихревая нить вызываетъ въ эѳирѣ теченіе, имѣющее направленіе, перпендикулярное къ направленію нити и къ направленію перемѣщенія послѣдней *).

Отсутствіе связей между отдѣльными частями эѳира, отсутствіе какого бы то ни было взаимодѣйствія ихъ другъ на друга сдѣлало бы невозможнымъ распространеніе волнъ въ эѳирѣ, т. е. свѣтовыхъ волнъ, а также сдѣлало бы невозможнымъ и передачу вызванныхъ въ одномъ мѣстѣ возмущеній въ какое-нибудь другое мѣсто. Только указанная выше связь создаетъ эту возможность, такъ что именно существованіе этой связи и обусловливаетъ явленіе распространенія свѣта. Трансверсальность свѣтовыхъ волнъ вытекаетъ непосредственно, какъ слѣдствіе установленной связи, и гиростатическое свойство эфира, которое мы вначалѣ допустили для объясненія поперечныхъ колебаній въ свѣтовыхъ волнахъ, теперь должно выяснить лучше механизмъ этой связи.

---

*) Вихревая нить можетъ перемѣститься дальше, только возбудивъ предварительно соотвѣтствующее поперечное теченіе въ эѳирѣ. Это обстоятельство сообщаетъ вихревой нити свойство инерціи. Пространство, въ которомъ имѣются такія вихревыя нити (напр., пустое пространство, которое пронизывается свѣтовыми лучами), будетъ обладать вслѣдствіе этого особою инерціей, особой дополнительной массой, которой оно лишено при отсутствіи въ немъ вихревыхъ нитей (электрическаго поля, лучистой энергіи). Каждое единичное количество электричества обладаетъ подобною же инерціей, такъ какъ вмѣстѣ съ этимъ количествомъ электричества движется вихревая нить; при этомъ, однако, эта инерція заключается не въ самомъ электричествѣ, а въ окружающихъ его массахъ эфира. Такъ какъ мы видимъ, что каждый атомъ матеріи представляетъ собою пространство, въ которомъ имѣются весьма сильныя электрическія поля, то мы можемъ распространить все вышесказанное и на обыкновенную инерцію матеріи.

Если мы предположимъ, что указанная связь можетъ существовать и безъ допущенія гиростатической структуры эѳира, то съ нашей точки зрѣнія не будетъ никакого повода представлять себѣ эѳиръ въ состояніи вихревого движенія тамъ, гдѣ не проходить ни одной вихревой нити.

(*Уравненія Бьёркнеса*). Бьёркнесъ, пользуясь картиною гиростатическаго эфира, изслѣдуетъ уравненія движенія такой (вообще непрерывной) среды и находитъ, что связи между вихрями и теченіями, дѣйствительно, соотвѣтствуютъ связямъ между магнитными и электрическими силами, но уравненія Максвелла не обнимаютъ полностью этого механизма. Механизмъ соотвѣтствуетъ другой, нѣсколько измѣненной системѣ уравненій. Этотъ механизмъ Кельвина-Максвелла-Бьёркнеса требуетъ существованія въ уравненіи еще одного члена. Итакъ, совмѣстно уравненія и механизмъ не соотвѣтствуютъ истинѣ. Что же изъ нихъ обоихъ является несовершеннымъ или, строго говоря, ложнымъ? Защитою уравненій служитъ отмѣченное выше совпаденіе выводимыхъ изъ нихъ слѣдствій съ дѣйствительностью; защитою механизма является наше внутреннее убѣжденіе, что долженъ же быть такой механизмъ, а подтвержденіемъ правильности воображаемаго нами вполнѣ опредѣленнаго механизма является именно то обстоятельство, что до сихъ поръ не удалось составить какой-нибудь иной. Несоотвѣтствіе механизма эфира уравненіямъ Максвелла, общее мнѣніе, что эти уравненія въ ихъ настоящемъ видѣ безъ существенно измѣняющаго ихъ какого-либо добавленія не могутъ вообще соотвѣтствовать какому-бы то ни было механизму, такъ какъ они не могутъ быть приведены къ уравненіямъ обыкновенной механики—вотъ что нынѣ воз-

буждаетъ сомнѣніе, и что я имѣлъ въ виду, когда поставилъ вопросъ: свойственно ли вообще человѣческому разуму постичь природу, какъ механизмъ? Если послѣдуетъ на этотъ вопросъ положительный отвѣтъ, то мы будемъ вынуждены переступить рамки уравненій Максвелла. Въ упомянутыхъ работахъ Бьёркнеса въ эти уравненія введенъ дополнительный членъ, а въ связи съ этимъ выдвинулась новая задача: выяснить, соотвѣтствуетъ ли дѣйствительности этотъ новый добавочный членъ. Въ настоящее время въ физическихъ институтахъ производятся опыты, которые должны способствовать рѣшенію этой задачи. Пока можно только замѣтить, что дополнительный членъ, согласно современнымъ воззрѣніямъ, имѣетъ отношеніе къ явленіямъ, которыя могутъ обнаружиться при наложеніи сильныхъ магнитныхъ полей на сильныя, но неоднородныя, электрическія поля, и что величина дополнительнаго члена можетъ быть весьма незначительна, если плотность эфира не превышаетъ извѣстной величины *). Введеніе новаго члена въ уже доказанныя уравненія было сдѣлано самимъ Максвелломъ, ибо одинъ изъ членовъ уравненій Максвелла, теперь провѣренныхъ, былъ введенъ, какъ совсѣмъ новый, имъ самимъ. Но этотъ членъ не находилъ себѣ подтвержденія въ извѣстныхъ въ то время явленіяхъ и, благодаря этому, довольно долго подвергался сомнѣніямъ. Впослѣдствіи же, въ опытахъ Герца подтвердилось полное совпаденіе добавочнаго члена съ фактами дѣйствитель-

---

*) Если признать правильнымъ выдвинутое нами на первый планъ положеніе относительно электрическихъ силовыхъ линій, которыя съ нашей точки зрѣнія представляютъ собою вихревыя нити, не заполняющія сплошь эѳира, то можетъ случиться, что дополнительный членъ Бьёркнеса окажется равнымъ нулю.

ности. А вѣдь исходнымъ пунктомъ, приведшимъ Максвелла къ этому весьма удачному расширенію уравненій была динамическая модель!

Оставимъ теперь эѳиръ и обратимся снова къ матеріи съ цѣлью выяснить нѣкоторые результаты недавнихъ изслѣдованій относительно атомовъ вещества, тѣ результаты, которые заняли весьма существенное мѣсто въ современной міровой картинѣ естествоиспытателя, и которыми мы уже отчасти воспользовались.

Мы имѣемъ въ настоящее время достаточно точныя данныя о величинѣ атомовъ, этого строительнаго матеріала всякаго вещества; изученіемъ группировокъ атомовъ занимается химія. То, что мы знаемъ объ атомахъ, касается не величины каждаго отдѣльнаго атома, а скорѣе средней величины поперечнаго сѣченія атомовъ. Многочисленными путями пришли къ тому результату, что эта величина равна круглымъ числомъ нѣсколькимъ десяти милліоннымъ долямъ миллиметра. Итакъ, внутри шара, приблизительно этого діаметра, заключается все то, чѣмъ данный атомъ спеціально характеризуется. Эти части пространства, занятыя каждымъ атомомъ и обыкновенно непроницаемыя для другихъ атомовъ, чрезвычайно малы и всетаки даже внутри этихъ атомныхъ объемовъ сумѣли отличить еще отдѣльныя части. Еще 17 лѣтъ тому назадъ, за отсутствіемъ способовъ изслѣдованія, едва ли можно было считать это осуществимымъ. Но каждое, вновь найденное, явленіе, которое является для насъ непонятнымъ и стоитъ особнякомъ въ ряду другихъ явленій, можетъ послужить путеводной нитью къ самымъ неожиданнымъ сокровищамъ познанія. Такими явленіями оказались извѣстные уже довольно давно электрическіе разряды въ Плюккеровыхъ

или въ Гейслеровыхъ трубкахъ. Изъ этихъ явленій особенно выдѣляется часть, которая управляется относительно болѣе простыми законами, а именно— удивительные лучи, исходящіе изъ катодовъ такихъ трубокъ Но для естествоиспытателя явленіе имѣетъ полную цѣну только тогда, когда оно можетъ быть количественно изслѣдовано при условіяхъ, свободныхъ отъ вредныхъ вліяній, не подлежащихъ контролю. Это оказалось возможнымъ по отношенію къ даннымъ лучамъ, которые, однажды возникнувъ, слѣдуютъ своимъ особымъ законамъ, какъ, напр., лучи свѣтовые. Свѣтовые лучи могутъ быть вызваны самымъ различнымъ и отнюдь не всегда вполнѣ понятнымъ способомъ, но они всегда отличаются одинаковыми и относительно простыми свойствами. Оставивъ пока въ сторонѣ загадочный процессъ возникновенія лучей въ Гейслеровыхъ трубкахъ, — онъ выяснился лишь впослѣдствіи послѣ болѣе точнаго ознакомленія съ природой лучей — обратились сначала къ изслѣдованію самихъ лучей. Это стало возможно и даже въ достаточно совершенной формѣ, когда лучи, возникавшіе внутри трубки, удалось черезъ прозрачное для нихъ окно выпустить изъ трубки наружу. Первый вопросъ, конечно, былъ: способны ли эти лучи существовать обособленно, могутъ ли они вообще выйти наружу?

Когда этотъ вопросъ получилъ положительный отвѣтъ, то явилась возможность, не внося осложненій въ возникновеніе лучей, поставить различные опыты съ этими лучами и разнообразнымъ образомъ измѣнять условія наблюденія, не вліяя нисколько на самый процессъ возбужденія самого явленія. Вмѣстѣ съ тѣмъ можно было легко изслѣдовать съ количественной стороны поглощеніе лучей различными тѣлами. Результатомъ такихъ изслѣ-

дованій явился законъ поглощенія катодныхъ лучей: поглощеніе катодныхъ лучей различными веществами пропорціонально массамъ этихъ веществъ. Таковы были первые плодотворные количественные опыты надъ такими лучами. Эти опыты, конечно, вселили увѣренность, что данное явленіе достойно болѣе детальныхъ изслѣдованій, а потому весьма многіе ученые принялись за наблюденіе этого явленія. Жатва оказалась неимовѣрно богатой и превзошла всякія ожиданія: были открыты новые лучи, особенно примѣняемые нынѣ въ медицинѣ, какъ средство изслѣдованія,—были открыты радіоактивность и радій. Какія чудесныя тайны хранитъ природа для тѣхъ изслѣдователей, которые неутомимо ищутъ пути къ ихъ раскрытію!—Но изъ всѣхъ этихъ результатовъ мы можемъ разсмотрѣть только то, что относится къ строенію атомовъ; и здѣсь изученіе катодныхъ лучей также открыло новыя области знанія, новыя точки зрѣнія на то, что еще остается для насъ тайной.

(*Матерія и электричество*). Сперва обратимся къ самому закону поглощенія. Какъ понимать, что поглощеніе пропорціонально массѣ, а слѣдовательно, и вѣсу поглощающихъ тѣлъ? Непосредственное значеніе этого слѣдующее: все, что обладаетъ одинаковымъ вѣсомъ, оказываетъ и одинаковое воздѣйствіе на катодные лучи; напр., атомъ кислорода производитъ то же дѣйствіе, что и 16 атомовъ водорода. Отсюда проще всего сдѣлать выводъ, что атомъ кислорода въ дѣйствительности представляетъ собою то же самое, что и 16 атомовъ водорода, но только иначе сгруппированные; или, обобщая этотъ выводъ: атомы всякаго рода, вся матерія построена изъ одинаковыхъ основныхъ частицъ. Эта мысль не нова. Пропорціональность между

массой и вѣсомъ толковалась въ этомъ же смыслѣ еще со временъ Галилея, алхимики также старались использовать эту мысль, но неудачно; изъ атома свинца они не могли получить атома золота. И вдругъ мы снова близко подошли къ этой идеѣ, и въ данномъ случаѣ непосредственно касательно молекулъ и атомовъ. Дѣло въ томъ, что по отношенію къ разсматриваемымъ лучамъ всѣ матеріальныя тѣла, даже газы, ведутъ себя, какъ мутная среда. Молекулы газа, взвѣшенныя въ эѳирѣ, сообщаютъ послѣднему свойства мутной среды, подобно тому, какъ въ молокѣ частицы жира—водѣ. Если удалимъ газъ изъ наблюдаемаго пространства, то оно становится прозрачнымъ, и катодные лучи распространяются въ немъ прямолинейно. Итакъ, преградами при распространеніи этихъ лучей являются исключительно молекулы матеріи (сами молекулы, а не скопленія ихъ, какъ въ случаѣ свѣтовыхъ лучей). Онѣ отклоняютъ лучи отъ прямолинейнаго распространенія, а это обстоятельство даетъ намъ возможность изслѣдовать молекулы и атомы разнаго рода матеріи. Послѣдовавшее затѣмъ открытіе радія, истиннаго химическаго элемента, въ дѣйствительности распадающагося на два другихъ элемента, на гелій и эманацію радія *), послужило категорическимъ подтвержденіемъ того, что всѣ атомы построены изъ одного и того же основного вещества. Въ настоящее время уже извѣстно свыше двѣнадцати **) сортовъ атомовъ, распадающихся въ другіе.

---

*) Радій превращается послѣдовательно въ цѣлый рядъ новыхъ элементовъ. Эманація и гелій суть только два отдѣльныхъ члена этого ряда (см. сборникъ № 1, ст. „Возникновеніе электронной теоріи вещества").

Прим. И. Боргманъ.

**) Около тридцати (1. с.).

И. Боргманъ.

Слѣдовательно, алхимики оказались правы; но превращеніе происходитъ только съ вполнѣ опредѣленными, а именно большими и тяжелыми атомами и совершается оно само собою; въ настоящее время мы не можемъ еще повліять какъ-нибудь на уже существующій процессъ распада или же вызвать превращеніе.

Что же это за основное вещество? Изъ чего построены всѣ атомы, отличающіеся другъ отъ друга лишь количествомъ этого вещества? Чтобы отвѣтить на это, необходимо прежде всего болѣе близко ознакомиться съ природою катодныхъ лучей. Выяснено, что катодные лучи представляютъ собою выброшенное отрицательное электричество. Только электричество, вполнѣ изолированное отъ матеріи! Это то электричество, которымъ раньше привыкли пользоваться, какъ теоретическимъ вспомогательнымъ понятіемъ, потому что всѣ поиски его, уже предпринятые Фарадеемъ, были тщетны. Наблюдались только электрически заряженныя тѣла, но ни разу не было обнаружено электричество въ отдѣльности. Катодные лучи доказали намъ реальность электричества, и именно электричества отрицательнаго; оно то и заключается въ этихъ лучахъ, не содержащихъ матеріи. Но ни разу не удалось получить положительнаго электричества, отдѣленнаго отъ матеріи *), несмотря на то, что искали его самымъ тщательнымъ образомъ.

Въ катодныхъ лучахъ движеніе электричества происходитъ со скоростью, приблизительно равной $^1/_3$ ско-

*) Эти попытки еще не оставлены. Современное положеніе дѣла не обѣщаетъ успѣха, пока мы будемъ пользоваться обычными способами; слѣдуетъ обратить вниманіе на то, что атомъ водорода, потерявъ отрицательный элементарный зарядъ, тотчасъ же обнаруживаетъ только одинъ положительный элементарный зарядъ.

рости свѣта. Электричество, содержащееся въ нихъ, раздѣлено на элементарные заряды, на электроны, подобно тому, какъ это принимается въ явленіяхъ электролиза.

Эти электрическіе заряды, двигающіеся, какъ катодные лучи, проходятъ сквозь тѣ атомы газа, которые встрѣчаются имъ на пути совершенно такъ же, какъ они проникаютъ атомы алюминія въ окнѣ, вдѣланномъ въ Гейслеровой трубкѣ. Они пронизываютъ крошечныя части пространства, занимаемыя атомами. Помощью простыхъ вычисленій можно убѣдиться въ томъ, что при проникновеній сквозь матерію они совершаютъ свой путь не только въ междуатомномъ пространствѣ. Если такой электрическій зарядъ проникаетъ атомъ и если зарядъ этотъ здѣсь не будетъ удержанъ (абсорбція), то при выходѣ изъ атома онъ отклонится отъ прямолинейнаго пути и приметъ иное направленіе.

Это обстоятельство и обусловливаетъ уже указанное свойство всякой матеріи, подобно мутной средѣ, по отношенію къ катоднымъ лучамъ.

Искривленіе пути при прохожденіи черезъ атомъ служитъ доказательствомъ того, что внутри атомовъ должны существовать электромагнитныя поля и притомъ необычайной силы, такъ какъ только электрическія и магнитныя силы оказываютъ вліяніе на катодные лучи.

Слѣдуетъ, такимъ образомъ, положить, что электрическіе заряды внутри атома служатъ центрами внутриатомныхъ электрическихъ полей; а такъ какъ атомы обыкновенно не обнаруживаютъ электрическихъ свойствъ. то въ каждомъ изъ атомовъ должно заключаться одинако-

вое количество положительныхъ и отрицательныхъ элементарныхъ зарядовъ.

Итакъ, мы представляемъ себѣ, что внутри атома сгруппировано одинаковое число положительныхъ и отрицательныхъ элементарныхъ зарядовъ; между каждой парой зарядовъ существуетъ вихревая нить, силовое поле, которое и обнаруживается при помощи катодныхъ лучей.

Такое поле между двумя отдѣльными элементарными зарядами, являющееся элементарной составной частью силовыхъ полей въ атомѣ, я назвалъ динамидой. Каждая такая динамида представляетъ собою, согласно воззрѣнію, развитому нами выше, отдѣльную, короткую эѳирную вихревую нить, начало и конецъ которой заключается въ томъ же атомѣ. Слѣдовательно, говоря, что атомъ состоитъ изъ динамидъ, мы имѣемъ въ виду силовыя поля. Но мы можемъ также сказать: атомы составлены изъ положительныхъ и отрицательныхъ электрическихъ зарядовъ; въ такомъ случаѣ наше вниманіе сосредоточится на центрахъ полей, на концахъ нитей динамидъ.

Изъ изслѣдованія надъ поглощеніемъ катодныхъ лучей различной скорости, можно было заключить, насколько атомное пространство заполнено центрами динамидныхъ полей, насколько оно остается непроницаемымъ для электроновъ. И обнаружилось, что это непроницаемое пространство въ атомѣ чрезвычайно малыхъ размѣровъ. Въ одномъ кубическомъ метрѣ даже самой компактной матеріи, напр., платинѣ, остается въ общей сложности менѣе одного кубическаго миллиметра такого непроницаемаго пространства. Такимъ образомъ почти весь объемъ твердаго тѣла заполненъ силовыми полями, принадлежащими электрическимъ зарядамъ въ атомѣ.

Занимаемое отдѣльнымъ атомомъ пространство также заполнено главнымъ образомъ электромагнитными силовыми полями. При помощи катодныхъ лучей небольшой скорости, можно измѣрить діаметры этихъ пространствъ, которымъ производится отклоненіе катодныхъ лучей. Эти діаметры оказались въ нѣсколько десятимилліонныхъ миллиметра, вполнѣ соотвѣтственно размѣрамъ діаметровъ атомовъ. Напряженія полей внутри атома необыкновенно велики, но они убываютъ по мѣрѣ удаленія отъ центра атомнаго пространства, становясь совершенно незамѣтными у внѣшней границы его. Электромагнитныя силовыя поля, согласно нашей картинѣ, являются движущимся эѳиромъ, который заполняетъ почти весь объемъ атома. Такимъ образомъ становится понятной та легкость, съ которой эѳиръ и матерія проникаютъ другъ друга, между тѣмъ какъ раньше намъ казалось, что здѣсь-то и скрывается непреодолимое затрудненіе.

Одинъ атомъ дѣйствуетъ на другой, находящійся отъ него на достаточно близкомъ разстояніи, при помощи силовыхъ полей, расположенныхъ у внѣшней границы атомнаго пространства. Это тѣ силы, которыя соединяютъ атомы въ молекулы, и которыя мы привыкли называть химическими. Непонятныя раньше особенности этихъ силъ химическаго сродства, какъ-то: измѣняющійся характеръ валентности, главная и побочная валентность атомовъ, остающіяся помимо валентности свободныя силы сродства разъясняются благодаря такому представленію и, безъ сомнѣнія, будутъ еще лучше поняты впослѣдствіи, если согласятся, наконецъ, что силы химическаго сродства это тѣ же электрическія силы (эѳирныя вихревыя нити), которыя принадлежатъ отдѣльнымъ элементарнымъ электрическимъ зарядамъ въ атомѣ.

Нѣкоторые изъ этихъ зарядовъ (валентные заряды) съ относящимися къ нимъ вихревыми нитями расположены особенно благопріятно для ихъ вліянія на сосѣдніе атомы, другіе находятся не въ такомъ положеніи. Эти соотношенія дѣлаются наиболѣе замѣтными, когда мы изучаемъ отдѣльные атомы, вкрапленные въ другомъ матеріалѣ, какъ это бываетъ въ фосфорахъ; къ этому мы еще вернемся. Также и молекулярныя силы, силы сцѣпленія, удерживающія, напр., желѣзо отъ распыленія, оказываются теперь силами электрическими. Такъ же становится понятнымъ фактъ, бывшій до сихъ поръ загадочнымъ, что въ явленіяхъ кристаллизаціи молекулы проявляютъ не только взаимно притягивающія, но и закручивающія силы.

Итакъ, насколько позволяютъ современныя знанія, мы набросали картину строенія атомовъ. Всѣ атомы состоятъ изъ двухъ разноименныхъ электричествъ. Атомъ водорода, какъ наиболѣе легкій, содержитъ наименьшее количество положительныхъ и отрицательныхъ элементарныхъ электрическихъ зарядовъ; атомъ ртути, вѣсящій въ 200 разъ больше атома водорода, содержитъ и въ 200 разъ больше электрическихъ зарядовъ.

Постепенно отдѣльнымъ элементарнымъ электрическимъ зарядамъ, или электронамъ, данныхъ атомовъ начинаютъ приписывать опредѣленныя функціи — первая попытка оріентироваться во внутреннемъ строеніи атомовъ,—такъ напримѣръ, различаютъ: лучеиспускающіе электроны (колебанія этихъ электроновъ обусловливаютъ отдѣльные спектральные лучи соотвѣтствующаго элемента), фотоэлектрическіе электроны и только что упомянутые валентные заряды. Нѣкоторые электроны, входящіе въ составъ атома, отдѣлимы отъ него. Именно атомы метал-

ловъ особенно отличаются тѣмъ, что отъ нихъ очень легко отдѣляются отрицательные элементарные заряды; валентные электроны атомовъ обусловливаютъ химическія силы, проявляемыя этими атомами (когда эти силы дѣйствуютъ согласно опредѣленнымъ валентностямъ). На основаніи легкой отдѣлимости электроновъ отъ атомовъ металловъ объясняется не только химическій, „электроположительный“, но и общій физическій характеръ металловъ, напр., ихъ большая электро-и теплопроводность. Эти-то, отдѣленные отъ атомовъ металла (отъ атомовъ алюминіева катода разрядной трубки), элементарные отрицательные заряды мы изучаемъ въ катодныхъ лучахъ, какъ частицы, находящіяся въ чрезвычайно быстромъ поступательномъ движеніи.

Однако, ни разу не удалось отдѣлить положительное электричество отъ атома. Тщетно искали лучи, которые были бы аналогичны катоднымъ, но состояли бы изъ *положительныхъ* свободно-несущихся электрическихъ зарядовъ; во всѣхъ этихъ случаяхъ находили лишь движущіеся матеріальные, положительно заряженные, атомы (каналовые лучи, α-лучи радіоактивныхъ элементовъ, анодные лучи). Въ этомъ заключается глубокое различіе между электричествами обоего рода. Такъ какъ отрицательные и положительные элементарные заряды находятся на концахъ каждой эѳирной вихревой нити, то отсюда съ необходимостью вытекаетъ, что концы каждой эѳирной вихревой нити различны по своимъ свойствамъ.

Показавъ, что наша картина строенія атомовъ наилучшимъ образомъ отвѣчаетъ всѣмъ извѣстнымъ намъ явленіямъ и, кромѣ того, открываетъ просторъ цѣлому ряду дальнѣйшихъ изслѣдованій, мы въ нѣсколькихъ словахъ отмѣтимъ трудности, которыя она заключаетъ въ себѣ

и которыя преимущественно касаются взаимоотношеній между матеріей и эѳиромъ, иначе выражаясь, между электричествомъ и эѳиромъ.

Затрудненія кажутся очень большими, но, по моему мнѣнію, причина ихъ въ томъ, что намъ приходится еще считаться съ очень многими неизвѣстными обстоятельствами; если эти обстоятельства выяснятся, то наша картина матеріи и эѳира только улучшится и упростится, но не будетъ разрушена.

(Строеніе атома). Затрудненіе заключается въ томъ, что мы ничего не знаемъ относительно положительнаго электричества, такъ какъ мы никогда, повторяю, не могли произвести изслѣдованія надъ положительнымъ электричествомъ самимъ по себѣ, т. е. отдѣленнымъ отъ матеріи и отъ отрицательнаго электричества. Кромѣ этого, у насъ нѣтъ обоснованныхъ свѣдѣній относительно пространственнаго объемнаго распредѣленія зарядовъ внутри атома. На основаніи факта лучеиспусканія и поглощенія атомовъ, несомнѣннымъ является только то, что эти электрическіе заряды въ нихъ, хотя бы отчасти, должны находиться въ состояніи движенія. Лучеиспусканіе свѣта является передачей движеній, происходящихъ въ атомѣ, окружающему эѳиру; при поглощеніи свѣта происходитъ какъ-разъ обратное. Я пытался въ нѣкоторыхъ случаяхъ ближе подойти къ механизму этого обмѣна энергіи между атомами и окружающей ихъ средой. При этомъ — въ явленіяхъ фосфоресценціи — обнаружилась своеобразная особенность, а именно, этотъ механизмъ въ однихъ случаяхъ (возбужденіе фосфора свѣтомъ), повидимому, распространяется далеко за предѣлы атома, а въ другихъ — (лучеиспусканіе фосфора) сосредоточивается преимущественно внутри атома.

Въ картинѣ электрическихъ силъ, развернутой передъ вами, это можетъ быть объяснено слѣдующимъ образомъ: находящіеся въ атомѣ электроны, которые приходятъ въ движеніе въ первомъ случаѣ (фотоэлектрическіе электроны) распространяютъ свои эѳирныя вихревыя нити *наружу*, во второмъ же случаѣ мы имѣемъ дѣло съ электронами (излучающіе электроны), вихревыя нити которыхъ направляются по преимуществу *внутрь* атома.

Если атомъ испускаетъ свѣтъ, т. е. отдаетъ энергію, то, чтобы его энергія не изсякла, онъ долженъ получать ее снова извнѣ; такимъ образомъ процессъ лучеиспусканія требуетъ особаго возбужденія. Оказалось, что это возбужденіе тѣсно связано съ вышеупомянутымъ отдѣленіемъ отъ атомовъ и затѣмъ снова поглощеніемъ ими отрицательныхъ элементарныхъ зарядовъ, тѣхъ зарядовъ, изъ которыхъ составлены атомы. Такимъ образомъ становится ясно, почему именно атомы металловъ особенно способны, напр., въ пламени горѣлки, приходить въ свѣченіе, особенно способны испускать лучи, соотвѣтствующіе вполнѣ опредѣленнымъ спектральнымъ линіямъ.

Взаимный обмѣнъ энергіи между атомами и окружающимъ ихъ эѳиромъ, повидимому, возможенъ только при помощи отдѣльныхъ опредѣленныхъ электроновъ каждаго атома (излучающіе электроны, фотоэлектрическіе электроны, валентные электроны). Что же касается до остальныхъ электроновъ атома, то они, вообще говоря, не участвуютъ въ обмѣнѣ, что и обусловливаетъ устойчивость и цѣльность обыкновенныхъ атомовъ. Приходится считать, что, если электроны заполняютъ незначительную часть пространства внутри атома, то они не находятся въ покоѣ,

а движутся по замкнутымъ орбитамъ въ предѣлахъ той части атомнаго пространства, которая остается незанятой.

Въ отношеніи молекулъ желѣза какого-либо намагниченнаго стержня нѣтъ даже никакого сомнѣнія, что электроны энергично движутся по замкнутымъ линіямъ. Это—тѣ движенія, которыя постоянны и, не подвергаясь уничтоженію и не измѣняясь, сохраняются въ атомѣ; между этимъ внутриатомнымъ движеніемъ и внѣшнимъ міромъ не происходитъ никакого обмѣна энергіей. Но здѣсь является затрудненіе, потому что извѣстно, что колеблющееся или же движущееся по замкнутымъ линіямъ электричество возбуждаетъ волны въ эѳирѣ, а вслѣдствіе этого должна тратиться электрическая энергія.

Тѣмъ не менѣе я полагаю, что и это затрудненіе отпадаетъ, если согласиться съ тѣмъ, что каждый электронъ связанъ только съ одной вихревой нитью. Достаточно лишь признать, что вихревыя нити разсматриваемыхъ электроновъ, распредѣляясь въ атомѣ на небольшомъ разстояніи отъ одного электрона до другого, не обнаруживаютъ значительной кривизны; а въ такомъ случаѣ движенія электроновъ не приведутъ къ разрыву вихревыхъ линій, т.-е. совершенно не произойдетъ потери энергіи черезъ лучеиспусканіе.

(*Относительность движенія*). Къ взаимоотношенію между матеріей и эѳиромъ могутъ быть сведены также и тѣ факты, которые въ настоящее время составляютъ сущность, такъ называемаго, принципа относительности. Этотъ принципъ гласитъ, что мы ни при какихъ условіяхъ не можемъ составить себѣ представленіе объ абсолютномъ движеніи въ пространствѣ; мы можемъ знать лишь только про относительное движеніе. Такъ, напр., совершающееся на нашихъ глазахъ въ этой комнатѣ

движенiе какого-нибудь предмета есть движенiе относительно комнаты, которая представляется намъ въ состоянiи покоя. Въ дѣйствительности же комната вмѣстѣ съ земнымъ шаромъ движется въ пространствѣ, и наблюдаемое нами относительное движенiе тѣла въ комнатѣ составляетъ лишь часть общаго движенiя этого тѣла. Такiя различныя совершающiяся въ одно и то же время движенiя одного и того же тѣла, однако, не препятствуютъ другъ другу, такъ что каждое изъ этихъ движенiй въ отдѣльности совершается такъ, какъ будто остальныя и не существуютъ. Такъ, напр., при равномѣрномъ и прямолинейномъ движенiи желѣзнодорожнаго поѣзда всякое движенiе (напр., брошеннаго тѣла) происходитъ такъ, какъ будто поѣздъ стоитъ на мѣстѣ. Что разнообразныя движенiя, которымъ одновременно подвергается тѣло, не уничтожаютъ другъ друга, извѣстно ужъ очень давно. Еще Галилей зналъ про это. На этомъ и основывается выводъ извѣстнаго закона сложенiя силъ, закона параллелограмма.

Отсутствiе взаимнаго разрушенiя различныхъ одновременно происходящихъ движенiй какого-либо тѣла и привело въ результатѣ къ тому, что вся механика, статика и динамика, занимаясь лишь изученiемъ наблюдаемыхъ *относительныхъ* движенiй, могла достичь блестящаго развитiя, такъ какъ существованiе случайныхъ неизвѣстныхъ слагаемыхъ движенiя ничего не измѣняетъ въ отношенiи наблюдаемаго движенiя.

Но обратная задача невозможна, т.-е. изъ наблюдаемыхъ движенiй нельзя вывести, каковы должны быть эти неизвѣстныя слагаемыя, а потому и кажется, будто и въ самомъ дѣлѣ мы не въ состоянiи отличить въ пространствѣ абсолютнаго движенiя и абсолютнаго покоя.

Это разсужденіе правильно лишь до тѣхъ поръ, пока мы сосредоточиваемъ наше вниманіе на движеніи матеріи. Если же мы вспомнимъ, что вся матерія разсѣяна въ эѳирѣ и движется сквозь него, то мы вправѣ спросить, можно ли открыть движеніе матеріи относительно всей массы эѳира, которая здѣсь предполагается неподвижной, иначе говоря, можемъ ли мы открыть абсолютное движеніе матеріи въ пространствѣ? Что эѳиръ не оказываетъ совершенно никакого вліянія на равномѣрно движущуюся въ немъ матерію (электричество), что движеніе это сохраняется (законъ инерціи), мы выяснили уже раньше.

Слѣдовательно, для отысканія абсолютнаго движенія приходится принять во вниманіе только внутреннія движенія эѳира, а таковыми являются оптическія или, обобщая, электрическія явленія. Въ этомъ направленіи были предприняты многіе опыты. Самымъ знаменитымъ по простотѣ замысла и тщательности выполненія считается опытъ Майкельсона. Цѣлью его было при помощи оптическихъ явленій доказать движеніе земного шара въ эѳирѣ. Мы сказали уже, что земля движется въ эѳирѣ, не увлекая его за собою. Для простоты съ такимъ же успѣхомъ мы можемъ представить себѣ, что земля находится въ покоѣ, а эѳиръ проплываетъ черезъ пространство, занятое помѣщеніемъ, въ которомъ производится опытъ. Возьмемъ для сравненія воздухъ вмѣсто эѳира и звукъ вмѣсто свѣта. Когда вѣтеръ дуетъ по направленію распространенія звука, то онъ уноситъ съ собою звуковыя волны, и онѣ передаются поэтому быстрѣе, чѣмъ въ спокойномъ воздухѣ или тогда, когда вѣтеръ дуетъ перпендикулярно распространенію звука. Въ своемъ отвѣтѣ Майкельсонъ старался замѣтить

небольшую разницу во времени распространенія лучей свѣта сначала по направленію движенія земли, а затѣмъ перпендикулярно къ нему. Чтобы уловить такую разницу во времени, удобнѣе всего пользоваться явленіями интерференціи свѣта. Опытъ Майкельсона и былъ произведенъ надъ интерференціей двухъ свѣтовыхъ лучей, изъ которыхъ одинъ шелъ параллельно, а другой перпендикулярно къ направленію движенія земли. Результатъ этого опыта былъ совершенно отрицательный: не обнаружилось ни малѣйшаго вліянія движенія земли на скорость распространенія свѣта.

Такъ какъ движеніе земли не подлежитъ никакому сомнѣнію, то отрицательный отвѣтъ, полученный при помощи этого опыта, представляетъ очень чувствительное противорѣчіе. Этотъ опытъ показалъ, что происходитъ что то, намъ пока неизвѣстное, когда матерія движется въ эѳирѣ съ нѣкоторою скоростью. На основаніи опыта Майкельсона и другихъ подобныхъ ему опытовъ, принципъ относительности извлекаетъ лишь ту сухую истину, что невозможно, опираясь на эѳиръ, открыть абсолютное движеніе, и что сообразно съ этимъ должны иначе сложиться наши понятія о пространствѣ и времени. Однако, можно было вести дальнѣйшее изслѣдованіе помимо этихъ, скрытыхъ для насъ, обстоятельствъ, и даже родилась догадка, пріобрѣвшая постепенно право гражданства, почему опытъ Майкельсона оказался безрезультатнымъ. Гипотеза такова: можетъ быть, твердое основаніе аппарата, двигаясь въ эѳирѣ, подверглось деформаціи и притомъ такой величины, что искомое и даже существовавшее въ дѣйствительности вліяніе благодаря этому компенсировалось и осталось совершенно незамѣченнымъ. Но такая деформація должна при тѣхъ же обстоятельствахъ про-

исходить и во всякомъ твердомъ тѣлѣ и заключаться въ томъ, что движущееся въ эѳирѣ твердое тѣло сжимается по направленію движенія. Шаръ при поступательномъ движеніи въ эѳирѣ долженъ обращаться въ эллипсоидъ, малая ось котораго совпадаетъ съ направленіемъ движенія. Такъ какъ объемъ твердаго тѣла, какъ мы видѣли, заполненъ силовыми полями, то деформація тѣла должна сопровождаться измѣненіями силовыхъ полей. Но эти измѣненія, происходящія въ надлежащемъ направленіи, соотвѣтствуютъ, какъ доказалъ это Лорентцъ, содержащимся въ уравненіяхъ Максвелла указаніямъ на возможныя явленія электродинамики. Итакъ, противорѣчіе, повидимому, устранено.

Если такимъ образомъ едва ли-можно сомнѣваться, что твердыя тѣла при своемъ движеніи относительно эѳира, т. е. при абсолютномъ движеніи, претерпѣваютъ деформаціи, то и эти деформаціи не могутъ послужить средствомъ для доказательства абсолютнаго движенія. Вѣдь измѣрительные приборы—эталоны, которые мы примѣняемъ къ изслѣдуемымъ тѣламъ, въ свою очередь, подвергаются деформаціи, а это означаетъ, что результатъ измѣренія всегда будетъ отрицательный.

(*Скорость свѣта, какъ внутренняя скорость эѳира*). Но есть другой путь, по которому мы придемъ къ абсолютному движенію. Съ этой цѣлью разсмотримъ самый простой и въ то же время самый фундаментальный фактъ,— разсмотримъ движеніе отдѣльнаго электрона, составной части атома. Мы имѣемъ такіе движущіеся отрицательные электроны въ катодныхъ лучахъ. Если мы пропустимъ катодные лучи черезъ электрическое силовое поле, направленное соотвѣтствующимъ образомъ, то существовавшая раньше скорость электроновъ увеличится.

Но спрашивается: до какихъ предѣловъ, въ концѣ концовъ, доходитъ это увеличеніе скорости? Не наступитъ ли предѣльная скорость, дальше которой она не будетъ увеличиваться? Такую предѣльную скорость мы дѣйствительно можемъ ожидать, если примемъ, что дѣйствіе силъ электрическаго поля, производящее ускореніе электроновъ, вызывается исключительно только тѣми внутренними движеніями окружающаго эѳира, которыя возбуждаютъ и само это электрическое поле.

Въ этомъ случаѣ скорость электрона никогда не превзойдетъ внутренней скорости эѳира, подобно тому, какъ, напр., гонимый вѣтромъ воздушный шаръ не можетъ двигаться быстрѣе самого вѣтра. Опыты надъ катодными лучами, налаженные съ этою цѣлью и съ этой точки зрѣнія впервые мною, не обнаружили ожидаемаго предѣла въ приростѣ скорости. Однако, позже удалось достигнуть положительныхъ результатовъ, благодаря тому, что воспользовались β-лучами радія, которые несравненно быстрѣе катодныхъ лучей. Въ настоящее время по вопросу имѣется уже много изслѣдованій относительно уменьшенія ускоренія при такихъ громадныхъ скоростяхъ.

Эти скорости весьма близки къ скорости свѣта, а послѣдняя, повидимому, и есть та наибольшая предѣльная скорость, которую могутъ пріобрѣсть электроны при своемъ движеніи въ эѳирѣ. При поступательномъ движеніи электричества со скоростью, приближающейся къ скорости свѣта, электрическія силовыя линіи—наши вихревыя нити—располагаются перпендикулярно къ направленію движенія, какъ это показалъ Хивизайдъ на основаніи уравненій Максвелла. Такъ какъ въ свѣтовыхъ волнахъ и во всѣхъ другихъ эѳирныхъ волнахъ, распространяющихся также со скоростью свѣта, эти

вихревыя нити распространяются перпендикулярно къ направленію движенія, то мы можемъ констатировать слѣдующее свойство, общее всѣмъ эѳирнымъ вихревымъ нитямъ: если концы нитей, электричества не закрѣплены, то онѣ движутся поступательно, перпендикулярно своему направленію, со скоростью свѣта и при этомъ, какъ мы видѣли раньше, переносятъ вмѣстѣ съ собою эѳирный потокъ, направленіе котораго перпендикулярно направленію нитей и направленію движенія послѣднихъ *). Существующія постоянно внутри эѳира движенія, обусловливающія распространеніе вихревыхъ нитей, должны поэтому, въ свою очередь, обладать скоростью, равной скорости свѣта. Это соотвѣтствуетъ такому представленію: распространеніе волнообразнаго движенія въ эѳирѣ такъ же, какъ и въ каждой средѣ, обладающей массой и внутренней подвижностью частей, есть ничто иное, какъ передача отъ одной части этой среды къ другой новаго движенія, налагающагося на существующее внутреннее движеніе и имъ переносимое съ одного мѣста въ другое. Совершенно также происходитъ распространеніе звуковыхъ волнъ въ воздухѣ, и скорость этого распространенія равна, или приблизительно равна, скорости молекулярнаго движенія въ воздухѣ.

Окинемъ взоромъ еще разъ нашу картину матеріальнаго міра, картину эѳира и матеріи, или, какъ мы можемъ, наконецъ, выразиться, эѳира и электричества. Мы должны обратить особенное вниманіе на тѣ огромныя

---

*) Разница между скоростями свѣтовыхъ и катодныхъ лучей заключается лишь въ томъ, что въ первыхъ вихревыя нити суть замкнутыя на себя кольца и, слѣдовательно, не переносятъ съ собою электричества, тогда какъ въ катодныхъ лучахъ онѣ прямолинейны и передвигаются вмѣстѣ со своими подвижными концами— електронами.

скопленія энергіи, которыя образуются въ каждомъ атомѣ вслѣдствіе сильнаго напряженія электрическихъ полей, содержащихся въ немъ, и вслѣдствіе движенія центровъ этихъ полей. Мы должны обратить вниманіе на тѣ, необычайные по своей величинѣ, запасы энергіи, которые заключены въ движущихся съ необычайной скоростью эѳирныхъ массахъ, заполняющихъ все пространство. Всѣ эти запасы энергіи обыкновенно скрыты отъ насъ и недоступны нашей оцѣнкѣ, вслѣдствіе того, что не существуетъ превращеній этой энергіи. Примѣромъ освобожденія энергіи изъ атома —а можетъ быть изъ эѳира—можетъ служить удивительное дѣйствіе атомовъ радія.

Мнѣ кажется, что я далъ здѣсь достаточно исчерпывающую картину и освѣтилъ всѣ затрудненія, заключающіяся въ ней. Я не думаю, чтобы эти затрудненія удержали насъ отъ дальнѣйшей тщательной разработки этой картины,—вѣдь иначе во всѣхъ подобныхъ случаяхъ намъ пришлось бы вообще отказаться отъ возможности постигнуть природу съ механической точки зрѣнія.

И я вѣрю, что этого не будетъ даже и тогда, когда, для яснаго пониманія механики эѳира, намъ пришлось бы, кромѣ нашего эѳира и его составныхъ частей, предположить существованіе еще другого эѳира.

Взаимоотношеніе между матеріей и эѳиромъ по новѣйшимъ изслѣдованіямъ въ области электричества.

Д. Д. Томсона [1]).

Получивъ приглашеніе произнести рѣчь въ память Адамсона, я въ первое время не рѣшался согласиться на это. Мнѣ казалось, что читать лекцію, предназначенную для чествованія памяти великаго учителя метафизики, человѣку, который не имѣетъ ровно никакой возможности сказать что-нибудь изъ этой области, является нѣкоторой несуразностью, и только потомъ, когда я выяснилъ себѣ, въ какой мѣрѣ проф. Адамсонъ симпатизировалъ умственной дѣятельности вообще, и какъ широки были его воззрѣнія въ области метафизики, я нашелъ возможнымъ принять такое приглашеніе. Въ самомъ дѣлѣ, существуетъ часть физики, въ которой задачи оказываются аналогичными съ проблемами метафизики: какъ цѣлью послѣдней служитъ нахожденіе наипростѣйшихъ и наименьшаго числа понятій, при помощи которыхъ можно было бы охватить всѣ явленія духовнаго міра, — такъ существуетъ отрасль физики, которая занимается не столько открытіями новыхъ явленій и практическимъ примѣненіемъ старыхъ, какъ об-

---

1) Рѣчь, произнесенная 4 ноября 1907 г. въ университетѣ въ Манчестерѣ.

сужденіемъ такихъ представленій, при помощи которыхъ является возможность связать другъ съ другомъ столь разнообразныя по виду явленія, какъ свѣтъ, электричество, звукъ, движеніе, теплота и химическія дѣйствія. Для многихъ людей эта сторона физики является особенно привлекательной; они находятъ въ физическомъ мірѣ съ его миріадами явленій и кажущейся запутанностью проблему, которая неумолимо и безпрестанно влечетъ ихъ къ себѣ; умъ этихъ людей не можетъ мириться съ разнородностью и хаосомъ явленій, которыя мы видимъ кругомъ, и заставляетъ искать точку зрѣнія, съ которой самыя разнородныя явленія, какъ свѣтъ, теплота, электричество и химическое дѣйствіе представляются различными проявленіями немногихъ общихъ принциповъ. Разсматривая вселенную, какъ машину, эти люди интересуются не тѣмъ, что можетъ дать эта машина, а тѣмъ, какъ она построена, и какъ она работаетъ. И если имъ для ихъ собственнаго удовлетворенія удается разрѣшить хотя бы ничтожную часть такой проблемы, они испытываютъ такую большую радость, что для нихъ вопросъ: въ чемъ же значеніе гипотезы? является настолько же второстепеннымъ, насколько второстепененъ вопросъ: въ чемъ значеніе поэзіи, музыки и философіи?

Новѣйшія изслѣдованія въ области электричества много дали для объединенія различныхъ частей физики, и я желалъ бы въ сегодняшній вечеръ обратить Ваше вниманіе на нѣкоторые выводы, вытекающіе изъ примѣненія къ нѣкоторымъ изъ этихъ изслѣдованій принципа равенства между дѣйствіемъ и противодѣйствіемъ (третій законъ движенія Ньютона). По этому принципу полное количество движенія въ каждой обособленной си-

стемѣ, т. е. въ такой системѣ, которая не подвергнута вліянію другихъ системъ, постоянно. Такимъ образомъ, если какая-нибудь часть такой системы пріобрѣтаетъ нѣкоторое приращеніе количества движенія, то одновременно съ этимъ другая часть этой системы должна потерять количество движенія, равное пріобрѣтенному первой. Этотъ законъ составляетъ не только основу нашей обыкновенной системы динамики, но онъ тѣсно связанъ и съ нашимъ толкованіемъ великаго принципа сохраненія энергіи, а его отрицаніе могло бы нанести значительный ущербъ этому принципу. Согласно послѣднему принципу, сумма кинетической и потенціальной энергіи въ какой-нибудь системѣ постоянна. Посмотримъ, какъ оцѣниваемъ мы кинетическую энергію. Намъ кажется, что всѣ предметы, находящіеся въ этой комнатѣ, пребываютъ въ состояніи покоя, а потому мы могли бы сказать, что кинетическая энергія ихъ равна нулю; но наблюдателю, находящемуся, напримѣръ, на Марсѣ, эти же предметы не будутъ казаться въ состояніи покоя, а, напротивъ, будутъ представляться движущимися со значительной скоростью; эта ихъ скорость зависитъ отъ скорости вращенія земли около собственной оси и отъ скорости вращенія земли около солнца. Оцѣнка кинетической энергіи съ Марса будетъ такимъ образомъ совершенно иная, чѣмъ у насъ. И теперь возникаетъ вопросъ: принципъ сохраненія энергіи приложимъ ли для обоихъ этихъ случаевъ, или же примѣненіе его зависитъ еще отъ того, какой осевой системой пользуемся мы для измѣренія скорости тѣлъ? Мы можемъ, однако, доказать безъ особаго труда, что если принципъ равенства дѣйствія и противодѣйствія имѣетъ мѣсто, то остается въ силѣ и принципъ сохраненія энергіи, независимо отъ

тѣхъ осей, какими мы пользуемся для опредѣленія нашихъ скоростей; но если дѣйствіе и противодѣйствіе не равны между собою и не направлены другъ противъ друга, то и принципъ сохраненія энергіи можетъ быть примѣненъ лишь въ томъ случаѣ, когда скорости измѣряются по отношенію къ одной опредѣленной осевой системѣ.

Такимъ образомъ, принципъ дѣйствія и противодѣйствія является основой механики, и система, къ которой нельзя приложить этого принципа, не можетъ быть представлена никакой механической моделью.

Изученіе явленій электричества знакомитъ насъ, между прочимъ, со случаями, когда кажется, что дѣйствіе не равно противодѣйствію. Возьмемъ для примѣра случай двухъ наэлектризованныхъ тѣлъ A и B, находящихся въ быстромъ движеніи; мы можемъ по законамъ ученія объ электричествѣ вычислить силы, которыя проявляются между этими тѣлами, и мы найдемъ, что, за исключеніемъ лишь случая, когда оба эти тѣла движутся съ одинаковой скоростью и въ одномъ направленіи, сила, съ которой дѣйствуетъ A на B, не равна и не прямо противоположна по направленію той силѣ, съ которой дѣйствуетъ B на A,—такъ что количество движенія системы, образованной изъ A и B, оказывается непостояннымъ. И если бы изъ приведеннаго примѣра мы должны были бы заключить, что тѣла, когда они наэлектризованы, не подчиняются третьему закону движенія, и что поэтому всякое механическое объясненіе силъ, возникающихъ между такими тѣлами, является невозможнымъ, то это означало бы, что мы должны отказаться вообще отъ надежды разсматривать электрическія явленія, какъ вытекающія изъ свойствъ движу-

щейся матеріи. Къ счастью, мы не должны этого дѣлать! Мы можемъ, слѣдуя знаменитому образцу, создать новый міръ, чтобы пополнить недостатки стараго; мы можемъ предположить, что съ *A* и *B* связана другая система, хотя и невидимая, но обладающая всетаки массой, а потому и способная къ воспріятію количества движенія; если измѣняется количество движенія *A* и *B*, то то количество движенія, которое потеряло *A* и которое не перешло на *B*, сохраняется въ системѣ, находящейся въ связи съ ними; *A* и *B* вмѣстѣ съ невидимой системой образуютъ систему, которая подчинена законамъ обыкновенной механики, и количество движенія которой остается постояннымъ. Въ нашихъ обыкновенныхъ наблюденіяхъ мы встрѣчаемъ случаи, которые во всѣхъ отношеніяхъ аналогичны съ только что разсмотрѣнными. Возьмемъ, напримѣръ, случай, когда два шара *A* и *B* движутся въ сосудѣ, наполненномъ водой; *A* при своемъ движеніи, перемѣщая кругомъ себя воду, вызываетъ, между прочимъ, теченія, которыя направляются противъ *B* и измѣняютъ движеніе послѣдняго, и оба шара, находящіеся въ движеніи, какъ будто оказываютъ такимъ образомъ другъ на друга особыя силы. Эти силы были опредѣлены Кирхгофомъ; онѣ во многомъ напоминаютъ силы, которыя дѣйствуютъ между двумя движущимися электрическими зарядами, въ особенности, когда два шара движутся не съ одинаковыми скоростями и не въ одинаковомъ направленіи. Въ этомъ случаѣ силы, кажущимся образомъ возникающія между шарами, не равны между собою и не направлены прямо противоположно другъ другу.

Количество движенія двухъ шаровъ не остается постояннымъ. Если, однако, мы, вмѣсто того, чтобы исклю-

чительно заниматься шарами, обратимъ наше вниманіе и на воду, въ которой они движутся, то тогда мы найдемъ, что шары вмѣстѣ съ водой образуютъ систему, которая вполнѣ подчиняется обыкновеннымъ законамъ динамики, и количество движенія которой остается постояннымъ, такъ какъ потерянная или пріобрѣтенная шарами часть количества движенія будетъ воспринята или утрачена водой. Этотъ случай представляетъ полнѣйшую аналогію съ движущимися наэлектризованными шарами, и изъ этого мы можемъ заключить, что, если у насъ есть система, количество движенія которой непостоянно, то отсюда отнюдь не слѣдуетъ, что третій законъ Ньютона не имѣетъ мѣста, а слѣдуетъ, что наша система не является изолированной, что она связана съ другой системой, которая можетъ воспринять часть количества движенія, потерянную первой системой, и что движеніе совокупности обѣихъ системъ вполнѣ соотвѣтствуетъ основнымъ законамъ механики.

Возвратимся къ случаю наэлектризованныхъ тѣлъ. Мы заключаемъ, что такія тѣла должны быть связаны съ какимъ то невидимымъ универсальнымъ «нѣчто». Это «нѣчто» мы можемъ назвать эѳиромъ; мы заключаемъ, что эѳиръ долженъ обладать массой и долженъ находиться въ движеніи, когда двигаются наэлектризованныя тѣла. Итакъ, мы окружены невидимымъ міровымъ эѳиромъ, съ которымъ мы можемъ входить въ соприкосновеніе при посредствѣ наэлектризованныхъ тѣлъ; но можетъ ли это «нѣчто», этотъ эѳиръ быть приведенъ въ движеніе тѣлами не наэлектризованными? На этотъ вопросъ у насъ нѣтъ пока еще опредѣленнаго отвѣта.

Ограничимся на минуту случаемъ наэлектризован-

ныхъ тѣлъ. То обстоятельство, что наэлектризованныя тѣла, находясь въ движенiи, приводятъ въ движенiе и нѣкоторую часть эѳира, должно влiять на кажущуюся массу этихъ тѣлъ. Это должно быть потому же, почему кажущаяся масса какого-нибудь тѣла, погруженнаго въ воду, представляется всегда больше массы того же тѣла, когда оно находится въ пустотѣ. Когда мы двигаемъ тѣло въ водѣ, то мы заставляемъ двигаться не только само тѣло, но и нѣкоторую часть окружающей его воды,—и во многихъ случаяхъ вызванное этой причиной увеличенiе кажущейся массы тѣла можетъ быть гораздо больше, чѣмъ масса самого тѣла; такъ, напримѣръ, воздушные пузыри въ водѣ кажутся намъ такими, какъ будто ихъ масса во много сотенъ разъ больше массы воздуха, заключеннаго въ нихъ.

Въ случаѣ наэлектризованныхъ тѣлъ связь между этими тѣлами мы можемъ изобразить слѣдующимъ образомъ: мы можемъ представить себѣ, что электрическiя силовыя линiи, исходящiя изъ этихъ заряженныхъ тѣлъ и распространяющiяся въ эѳирѣ, захватываютъ, такъ сказать, при этомъ часть этого эѳира и уносятъ при своемъ перемѣщенiи ее съ собой. По законамъ ученiя объ электричествѣ мы можемъ вычислить для каждой части пространства захваченную при пронизыванiи ея этими силовыми линiями массу эѳира. Результатъ таковыхъ вычисленiй можно выразить очень просто. Фарадей и Максвеллъ показали, что потенцiальная энергiя какого-нибудь наэлектризованнаго тѣла заключается не въ самомъ тѣлѣ, а находится въ окружающемъ это тѣло пространствѣ. Каждая часть этого пространства содержитъ въ себѣ количество энергiи, для нахожденiя котораго Максвеллъ далъ очень простое выраженiе. Замѣча-

тельно, что, если мы вычислимъ массу эѳира, которая захватывается движущимися силовыми линіями въ какой-нибудь части пространства, окружающаго заряженное тѣло, то мы найдемъ ее точно, пропорціональной потенціальной энергіи въ этомъ мѣстѣ, и она можетъ быть опредѣлена слѣдующимъ образомъ: если бы эта масса двигалась со скоростью свѣта, то обладала бы кинетической энергіей, которая была бы равна электростатической энергіи въ той части пространства, для которой мы вычисляемъ массу. Такимъ образомъ масса эѳира, которая захватывается наэлектризованной системой, пропорціональна электростатической потенціальной энергіи этой системы. Но такъ какъ эѳиръ приводится въ движеніе движеніями силовыхъ линій въ сторону, а не вдоль ихъ самихъ, то дѣйствительная масса эѳира, захватываемая движеніемъ, оказывается нѣсколько меньше, чѣмъ это дало бы вышеуказанное правило, за исключеніемъ того особаго случая, когда всѣ силовыя линіи движутся перпендикулярно къ своему направленію. Ничтожная поправка на скольженіе силовыхъ линій въ эѳирѣ не вліяетъ на общій характеръ эффекта, и въ дальнѣйшемъ ради краткости я предположу массу эѳира, приведенную въ движеніе наэлектризованной системой, какъ пропорціональную потенціальной энергіи этой системы.

Итакъ, съ наэлектризованнымъ тѣломъ связано эѳирное, астральное тѣло, которое увлекается наэлектризованнымъ тѣломъ при его движеніи и увеличиваетъ кажущуюся массу послѣдняго.

Мы можемъ ожидать, что эта часть міроваго вещества, которую уноситъ съ собой заряженное тѣло, владѣетъ свойствами, отличающимися отъ свойствъ обыкновенной матеріи; это невидимое вещество, конечно, не

подчиняется химическому анализу, но, мы можемъ допустить, подчиняется силѣ тяготѣнія; является интереснымъ рѣшить вопросъ, не можемъ ли мы какимъ бы то ни было образомъ найти тотъ случай, когда эѳирная масса будетъ составлять замѣтную часть общей массы тѣла, и нельзя ли тогда сравнить свойства подобнаго тѣла со свойствами такихъ тѣлъ, у которыхъ эѳирная масса незначительна. Самый грубый подсчетъ показываетъ, что во всякомъ наэлектризованномъ тѣлѣ, какъ, напримѣръ, въ наэлектризованномъ шарѣ и въ заряженныхъ лейденскихъ банкахъ, эѳирная масса, которою обладаетъ это тѣло вслѣдствіе того, что оно наэлектризовано, является очень незначительной по сравненію съ истинной массой тѣла.

Вмѣсто того, чтобы разсматривать тѣло сравнительно значительной величины, перейдемъ къ атомамъ, изъ которыхъ составляются вообще тѣла, и сдѣлаемъ вѣроятное предположеніе, что эти атомы суть электрическія системы, а силы, которыя они проявляютъ, электрическаго происхожденія. Тогда количество теплоты, которое выдѣляется при соединеніи между собою атомовъ различныхъ элементовъ, должно равняться уменьшенію электрической потенціальной энергіи этихъ соединяющихся другъ съ другомъ атомовъ, и это количество теплоты, согласно вышесказанному, представляетъ собою мѣру уменьшенія приставшей къ атомамъ эѳирной массы. Согласно этому воззрѣнію, эѳирная масса атомовъ уменьшается на массу, равную той, которая, двигаясь со скоростью свѣта, обладаетъ кинетическою энергіею, эквивалентною количеству теплоты, развившейся благодаря происшедшему химическому соединенію атомовъ. Какъ примѣръ, разсмотримъ химическое соединеніе, которое сопровождается наибольшимъ развитіемъ теплоты и про-

исходитъ между самыми обыкновенными веществами, а именно, соединеніе водорода съ кислородомъ. При соединеніи водорода съ кислородомъ и образованіи одного грамма воды развивается 4.000 калорій или $16,8 \times 10^{10}$ эрговъ. Масса, движущаяся со скоростью 3×10^{10} см. въ сек., будетъ обладать кинетической энергіей въ $16,8 \times 10^{10}$ эрговъ, если величина ея равна $3,7 \times 10^{10}$ гр., а потому величина уменьшенія эѳирной массы, когда водородъ соединяется съ кислородомъ и образуется 1 граммъ воды, должна быть равна $3,7 \times 10^{-10}$ гр. Отношеніе этого уменьшенія къ общей массѣ равно приблизительно $^1/_{3000000000}$, и оно не можетъ быть опредѣлено экспериментальнымъ путемъ; отсюда мы можемъ заключить, что попытка опредѣлить это уменьшеніе при какомъ бы то ни было химическомъ соединеніи будетъ безрезультатна.

Болѣе плодотворнымъ будетъ, кажется, случай съ радіоактивными веществами, такъ какъ количество тепла, которое выдѣляетъ радій при своихъ превращеніяхъ при равныхъ вѣсовыхъ частяхъ, является гораздо бо́льшимъ, чѣмъ теплота, выдѣляемая при соединеніи обыкновенныхъ химическихъ элементовъ. Такъ, напримѣръ, Рётсерфордъ находитъ, что одинъ граммъ радія за время своего существованія выдѣляетъ количество энергіи, равное $6,7 . 10^{16}$ эрг., и если это количество получается изъ электрической потенціальной энергіи атомовъ радія, то эти атомы въ одномъ граммѣ радія должны обладать, по крайней мѣрѣ, такою же потенціальною энергіею, и потому должны быть соединены съ массой эѳира, величиной отъ $^1/_8$ до $^1/_7$ миллиграмма. такъ какъ кинетическая энергія такой массы, когда она движется со скоростью свѣта, и будетъ равна $6,7 \times 10^{10}$.

эрг. Изъ этого мы можемъ заключить, что въ каждомъ граммѣ радія приблизительно $^1/_8$ миллиграмма, т. е. $^1/_{8000}$ всей массы приходится на долю эѳира.

Такого рода заключенія побудили меня нѣсколько времени тому назадъ начать опыты съ радіемъ, чтобы убѣдиться, нельзя ли открыть какія-нибудь указанія на то, что нѣкоторая часть его массы состоитъ изъ необыкновеннаго вещества. Лучшій способъ изслѣдованія, который до сего времени я могъ придумать, состоитъ въ томъ, чтобы прослѣдить, будетъ ли для радія соблюдаться то же отношеніе между массой и вѣсомъ, какъ и для всякаго обыкновеннаго вещества. Если бы часть массы радія, соотвѣтствующая эѳиру, была невѣсома, то граммъ радія вѣсилъ бы меньше, чѣмъ граммъ такого вещества, въ массѣ котораго не такъ много эѳира. А отношеніе массы къ вѣсу можно найти точно, когда измѣряется время качанія маятника. Поэтому-то я и устроилъ маятникъ, чечевица котораго сдѣлана изъ радія; я установилъ его въ пустотѣ и заставилъ качаться, чтобы узнать, будетъ ли это качаніе такимъ же, какое бываетъ при маятникѣ такой же длины съ латунной или желѣзной чечевицей. Къ сожалѣнію, радія въ большомъ количествѣ получить нельзя, поэтому маятникъ съ чечевицей изъ радія былъ очень легкимъ и могъ качаться не столь продолжительное время, какъ это бываетъ съ обыкновеннымъ тяжелымъ маятникомъ. Вслѣдствіе этого невозможно было опредѣлить очень точно время качанія, но мнѣ все-таки удалось показать, что время качанія маятника изъ радія съ точностью до $^1/_{3000}$ одинаково съ временами качанія маятника той же величины и формы, сдѣланнаго изъ латуни или желѣза. Наименьшая же разница, которую мы могли ожидать, согласно этой тео-

ріи, равна $1/8000$; такимъ образомъ этотъ опытъ показываетъ, что если и существуетъ вообще аномалія въ отношеніи массы радія къ его вѣсу, то, во всякомъ случаѣ, она не можетъ быть во много разъ больше той, которая получается при вычисленіи выдѣленнаго радіемъ количества теплоты во время его превращенія. Съ большими маятниками значеніе отношенія между массой и вѣсомъ можно опредѣлить съ большей точностью, чѣмъ до $1/8000$; такъ, напримѣръ, три четверти вѣка тому назадъ Бессель показалъ, что отношеніе между массой и вѣсомъ и у слоновой кости и у латуни одно и то же съ точностью, по крайней мѣрѣ, до $1/100000$, а при помощи спеціально устроенныхъ для этого приборовъ можно было бы достичь еще болѣе значительной точности.

Когда я дѣлалъ опыты съ маятникомъ изъ радія, тогда еще не была открыта тѣсная связь между количествами содержащихся въ радіоактивныхъ веществахъ урана и радія; это отношеніе между количествами урана и радія дѣлаетъ возможнымъ предположеніе, что радій происходитъ отъ урана, и что этотъ металлъ уранъ при одинаковомъ вѣсовомъ количествѣ содержитъ больше электрической потенціальной энергіи, а потому и можетъ обосновать въ эѳирѣ болѣе значительное количество своей массы, чѣмъ самъ радій. А это приводитъ насъ къ заключенію, что уранъ является болѣе удобнымъ веществомъ для производства опытовъ съ маятникомъ, чѣмъ радій, къ тому же его можно получить въ значительно большемъ количествѣ, а въ силу этого изъ него можно сдѣлать такой маятникъ, по величинѣ и формѣ, который дастъ болѣе точные результаты. Такимъ образомъ, по моему мнѣнію, нѣтъ ничего невоз-

можнаго опредѣлить отношеніе между массой и вѣсомъ урана съ точностью до $^1/_{250.000.000}$.

Если же намъ не удастся подобнымъ экспериментальнымъ путемъ доказать существованіе части массы, состоящей изъ эѳира, то въ болѣе благопріятномъ положеніи мы будемъ по отношенію къ явленію, находящемуся въ тѣсной связи съ этимъ: я имѣю въ виду вліяніе, которое оказываетъ скорость какого-нибудь тѣла на его кажущуюся массу. Мы видѣли, что масса, связанная съ какою-нибудь электрическою системою, пропорціональна потенціальной энергіи этой системы. Возьмемъ самую простую изъ всѣхъ, имѣющихся у насъ электрическихъ системъ, электрическій зарядъ, сконцентрированный на маленькомъ шарикѣ. Когда такой шарикъ находится въ состояніи покоя, то линіи электрическихъ силъ распредѣлены равномѣрно вокругъ шарика. Когда силовыя линіи распредѣлены такимъ образомъ, то электрическая потенціальная энергія меньше, чѣмъ при другомъ распредѣленіи этихъ линій. Допустимъ, что шарикъ приведенъ въ быстрое движеніе; тогда электрическія силовыя линіи будутъ стремиться принять направленіе, перпендикулярное къ направленію движенія шарика, т. е. онѣ будутъ стремиться освободить переднюю и заднюю стороны шара и собраться въ серединѣ, по экватору. Такимъ образомъ увеличивается электрическая потенціальная энергія, а такъ какъ связанная съ электрическими силовыми линіями масса эѳира пропорціональна этой энергіи, то эта масса будетъ больше, когда шарикъ находится въ движеніи, чѣмъ когда онъ пребываетъ въ покоѣ. Разница оказывается ничтожно малой, пока скорость шара не приближается къ скорости свѣта; но какъ только это случится, увеличеніе массы окажется

очень большимъ. Кауфману удалось доказать наличность такого эффекта у выдѣляемыхъ радіемъ β-лучей; β-лучи — это отрицательныя электрическія частички, извергающіяся изъ радія съ очень большой скоростью; скорость наиболѣе быстрыхъ такихъ частичекъ только на немного процентовъ меньше скорости свѣта; но вмѣстѣ съ такими частичками выбрасываются и другія, у которыхъ скорости много меньшія. Кауфманъ опредѣлилъ массу различныхъ частичекъ и нашелъ, что масса получается тѣмъ большей, чѣмъ больше скорость движенія частички. Масса частичекъ, имѣющихъ наибольшую скорость, оказалась въ три раза больше массы частичекъ, у которыхъ скорость наименьшая.

Эти изслѣдованія привели, между прочимъ, къ весьма интересному заключенію, а именно, что вся масса этихъ частичекъ зависитъ только отъ электрическаго заряда, который несется ими. Согласно вышеприведенному воззрѣнію это значитъ, что вся масса этихъ частичекъ происходитъ отъ эѳира, который захватывается силовыми линіями, исходящими изъ нихъ.

Если силовыя электрическія линіи захватываютъ эѳиръ, то свѣтовая волна будетъ сопровождаться движеніемъ части эѳира по направленію распространенія свѣта, такъ какъ по электромагнитной теоріи свѣтовыя волны суть волны электрической силы, движущіяся впередъ со скоростью 300.000 клм. въ секунду, и линіи электрической силы уносятъ съ собой часть эѳира. Количество этой уносимой массы эѳира не трудно опредѣлить по правилу, что эта масса, если она будетъ двигаться со скоростью свѣта, будетъ обладать кинетической энергіей, равной электростатической потенціальной энергіи свѣта. Такъ какъ электростатическая энергія въ свѣтовой волнѣ составляетъ половину всей энергіи этой волны,

то изъ этого слѣдуетъ, что масса находящагося въ движеніи эѳира въ единицѣ объема равна энергіи свѣта въ этомъ объемѣ, дѣленной на квадратъ скорости свѣта. Такимъ образомъ, если какое-нибудь тѣло испускаетъ свѣтъ, то часть эѳира, захватываемаго свѣтомъ, будетъ вынесена этимъ лучеиспусканіемъ наружу; эта масса вообще чрезвычайно мала; примѣняя вышеуказанное правило, мы, напримѣръ, находимъ, что масса, какую выбрасываетъ въ теченіе одного года одинъ квадратный сантиметръ поверхности тѣла при температурѣ солнца, равна приблизительно одному миллиграмму. Можно полагать, что если часть эѳира, связанная съ тѣломъ его силовыми линіями, будетъ унесена лучеиспусканіемъ, то другая часть эѳира, не связанная съ тѣломъ, займетъ мѣсто первой. Вслѣдствіе лучеиспусканія тѣлъ, эѳиръ, ихъ окружающій, находится въ такомъ движеніи, что какъ будто на тѣлѣ имѣются и источники, и поглощатели эѳира.

Хотя дѣйствительная масса эѳира, увлекаемая свѣтовою волною, крайне мала, однако, скорость ея, которая будетъ и скоростью свѣта, настолько велика, что даже ничтожная масса даетъ значительное количество движенія. Если свѣтъ при своемъ прохожденіи черезъ не совсѣмъ прозрачную среду поглощается, то поглощается и соотвѣтствующее количество движенія; это количество движенія сообщается средѣ и стремится привести эту среду въ движеніе по направленію движенія свѣта; такимъ образомъ, получается впечатлѣніе, что свѣтъ производитъ давленіе на эту среду. Это давленіе, которое обозначаютъ, какъ давленіе лучеиспусканія, доказано и измѣрено проф. П. А. Лебедевымъ, Никольсомъ, Гуллемъ и Пойнтингомъ. Всѣ явленія, находящіяся въ связи съ этимъ давленіемъ,

можно легко объяснить на основанiи того воззрѣнiя, что свѣтъ имѣетъ количество движенiя по направленiю своего распространенiя.

Что свѣтъ обладаетъ количествомъ движенiя, если допустить, что свѣтъ есть явленiе электрическое, было выведено на основанiи нѣсколько вычурныхъ разсужденiй.

По старой Ньютоновской теорiи истеченiя ясно безъ дальнѣйшаго, что такое количество движенiя должно существовать, такъ какъ оно есть количество движенiя частичекъ, представляющихъ собой свѣтъ. Замѣчательно, что, какъ показали новѣйшiя изслѣдованiя, многiя свойства свѣта, о которыхъ можно было бы сказать, что они являются характерными для явленiй, вытекающихъ изъ теорiи истеченiя, должны соотвѣтствовать свѣту и въ томъ случаѣ, если свѣтъ есть явленiе электрическое. Я вкратцѣ укажу на одно слѣдствiе, вытекающее изъ теорiи истеченiя, такъ какъ увѣренъ, что оно болѣе согласуется съ фактическимъ свойствомъ свѣта, чѣмъ то воззрѣнiе, къ которому приводитъ насъ предположенiе электромагнитной теорiи въ той формѣ, въ которой она обыкновенно высказывается. По теорiи истеченiя главными агентами являются отдѣльныя мельчайшiя частички, а свѣтовой лучъ состоитъ изъ множества такихъ частичекъ, причемъ, конечно, объемъ, занимаемый этими частичками, является лишь малою частью всего того объема, въ которомъ онѣ распредѣлены. Фронтовая поверхность свѣтовой волны состоитъ, такимъ образомъ, согласно этому воззрѣнiю, изъ множества маленькихъ свѣтящихся пятнышекъ, которыя разсѣяны на темномъ фонѣ; фронтъ поверхности волны, такимъ образомъ, пористый и обладаетъ нѣкоторою структурою. По электромагнитной теорiи свѣта, какъ ее обыкновенно понимаютъ,

принимается, что электрическая сила на всей поверхности волны одна и та же, что на этой поверхности нѣтъ свободныхъ мѣстъ, и что она не имѣетъ структуры. Но это, однако, не является необходимою принадлежностью электромагнитной теоріи свѣта, и я думаю, что имѣются доказательства, что въ дѣйствительности фронтовая поверхность волны болѣе похожа на множество свѣтящихся пятнышекъ на темномъ фонѣ, чѣмъ на равномѣрно освѣщенную поверхность.

Я рѣшаюсь привести здѣсь одно изъ доказательствъ: при освѣщеніи, въ особенности ультрафіолетовымъ свѣтомъ, металлической пластинки, изъ этой пластинки выбрасываются отрицательныя электрическія частички, и если мы опредѣлимъ число такихъ выброшенныхъ частичекъ,—что сдѣлать вполнѣ возможно—то найдемъ, что только очень незначительная часть молекулъ, на которыя попадаетъ поверхность волны свѣта, выбрасываетъ такія частички. Если бы передняя поверхность волны была вся непрерывна, то всѣ молекулы металла, подвергнувшіяся дѣйствію свѣта, находились бы въ одинаковыхъ условіяхъ, и если бы даже молекулы, какъ, напримѣръ, это имѣетъ мѣсто въ газообразномъ тѣлѣ, могли обладать очень разнообразными количествами кинетической энергіи, то все-таки такая разница нисколько не могла бы объяснить громадную несоразмѣрность между числомъ молекулъ, подвергшихся дѣйствію свѣта, и числомъ молекулъ, выбрасывающихъ изъ себя электрическія частички. Но эту несоразмѣрность легко понять, если мы предположимъ, что передняя поверхность волны не непрерывна, а пористаго строенія, такъ что только небольшое число молекулъ попадаетъ подъ дѣйствіе электрическихъ силъ. Мы можемъ допустить, что свѣтъ со-

стоитъ изъ маленькихъ поперечныхъ импульсовъ, и что волны движутся вдоль отдѣльныхъ электрическихъ силовыхъ линій, которыя распространены повсюду въ эѳирѣ, и что уменьшеніе интенсивности свѣта при удаленіи источника происходитъ не столько отъ ослабленія отдѣльныхъ импульсовъ, сколько отъ удаленія ихъ другъ отъ друга, совершенно подобно тому, какъ въ теоріи истеченія принималось, что при распространеніи свѣта не уменьшается энергія свѣтовыхъ частичекъ, но происходитъ лишь все большее и большее разсѣяніе ихъ, отчего и получается ослабленіе интенсивности свѣта.

Представленіе, что тѣла связаны съ невидимыми массами эѳира посредствомъ линій электрическихъ силъ, имѣетъ громадное значеніе для нашихъ воззрѣній на причину силы и природу потенціальной энергіи.

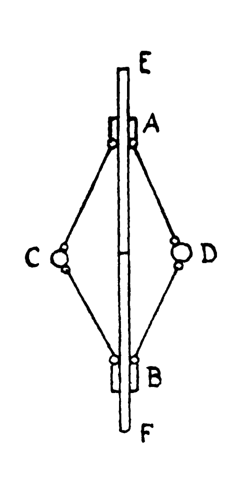
По обыкновеннымъ методамъ динамики система тѣлъ считается обладающей кинетической энергіей, зависящей отъ скоростей составныхъ частей этой системы, и потенціальной энергіей, зависящей отъ относительнаго положенія этихъ частей. Потенціальная энергія можетъ быть различнаго рода: мы можемъ имѣть потенціальную энергію, происходящую отъ силы притяженія земли, можемъ имѣть ее отъ напряженныхъ пружинъ, отъ электрическихъ зарядовъ; существуютъ правила, по которымъ можно вычислить величину этой потенціальной энергіи для любого состоянія системъ. Зная же величину потенціальной энергіи, мы при помощи особой методы примѣненія, такъ называемыхъ, уравненій Лагранжа можемъ опредѣлить и состояніе системы. Какъ вспомогательное средство для вычисленія и изслѣдованія, такое примѣненіе потенціальной энергіи оказываетъ огромную услугу, которую едва ли можно съ чѣмъ-нибудь сравнить.

Но съ философской точки зрѣнія понятіе о потенціальной энергіи далеко не такъ удовлетворяетъ насъ, какъ понятіе о кинетической энергіи, основанія которой значительно отличаются отъ основаній потенціальной энергіи. Имѣя дѣло съ кинетическою энергіею, мы чувствуемъ, что имѣемъ представленіе о ея количествѣ; если же намъ приходится описывать потенціальную энергію, то мы сознаемъ, что знаемъ о ней очень мало, и если на это можно возразить, что въ дѣйствительности всетаки изъ этого немногаго создана вся цѣнность знанія, то это, однако, никоимъ образомъ не можетъ удовлетворить пытливый умъ человѣка. Мы можемъ воспользоваться аналогіей изъ области коммерціи. Мы можемъ сравнить кинетическую энергію съ деньгами, которыя фактически имѣются въ кассѣ, потенціальную же — съ деньгами, которыя помѣщены въ видѣ вклада на храненіе въ банкѣ. Положимъ, что кто-нибудь потерялъ изъ своего кармана деньги, которыя, однако, кѣмъ-то были найдены и помѣщены въ банкъ на имя потерявшаго. Изъ этого банка потерявшій, незнающій, гдѣ именно лежатъ деньги, можетъ во всякое время получить ихъ безъ всякой потери и прибыли. Увѣренность въ этомъ вполнѣ достаточна для торговыхъ оборотовъ, тѣмъ не менѣе врядъ ли можно допустить, что разумный и дѣловой человѣкъ, нисколько не стѣсняющійся продолжать свое дѣло, гдѣ бы ни были его деньги, только не въ собственномъ карманѣ, не будетъ постоянно пытаться узнать тайну, скрывавшую отъ него переходъ потерянной суммы изъ рукъ въ руки. Точно такъ же обстоитъ дѣло съ физикомъ и понятіемъ о различныхъ формахъ потенціальной энергіи. Физикъ чувствуетъ, что такое представленіе не просто, и у него возникаетъ вопросъ: необходимо-ли, чтобы

энергіи были вообще различны и не могутъ ли быть всѣ онѣ одного рода, а именно—кинетическія? Не можетъ ли превращеніе кинетической энергіи въ различные роды потенціальной состоять просто въ переходѣ кинетической энергіи изъ одной части системы, вліяющей на наши чувства, въ другую, которая не оказываетъ этого вліянія, такъ что все то, что мы называемъ потенціальной энергіей, въ дѣйствительности будетъ кинетической энергіей частицъ эѳира, которыя находятся въ кинематической связи съ матеріальной системой?

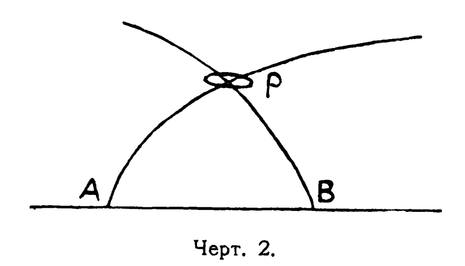
Я поясню это простымъ примѣромъ: положимъ, я беру тѣло *A* и бросаю его въ такое пространство, гдѣ на него не вліяютъ никакія силы. *A* будетъ двигаться равномѣрно по направленію прямой линіи; положимъ, что я теперь къ тѣлу *A* прикрѣпляю при помощи крѣпкой связи другое тѣло *B* и снова кидаю *A*; тѣло *A* уже не будетъ двигаться больше по прямому направленію, и скорость его не будетъ равномѣрной; напротивъ, *A* будетъ описывать всевозможныя кривыя, круги, трохоиды и т. д., и эти кривыя будутъ зависѣть отъ массы и скорости *B*. Если теперь *B* и его связь съ *A* были бы невидимы, то мы могли бы свести отклоненіе *A* отъ прямого пути къ воздѣйствію силы, а измѣненіе его кинетической энергіи къ измѣненію его потенціальной энергіи при его передвиженіи съ одного мѣста на другое. Такое заключеніе является, однако, лишь результатомъ нашихъ воззрѣній; мы разсматриваемъ *A*, какъ единственный членъ, изъ котораго состоитъ разсматриваемая сисмема, тогда какъ на самомъ дѣлѣ *A* представляетъ только часть системы. Когда мы разсматриваемъ данную систему, какъ заключающую въ себѣ все, то мы видимъ, что эта система относится такъ,

какъ будто бы она была свободна отъ вліянія внѣшнихъ силъ и кинетическая энергія ея постоянна; то, что мы при нашемъ ограниченномъ представленіи принимаемъ за потенціальную энергію *A*, при болѣе общемъ наблюденіи оказывается кинетической энергіей *B*. Прошло уже не мало лѣтъ съ тѣхъ поръ, какъ я доказалъ, что дѣйствіе какой-нибудь силы и наличность потенціальной энергіи можно разсматривать, какъ связь первичной системы со вторичными системами, а именно: кинетическая энергія этихъ вторичныхъ системъ есть потенціальная энергія первичной системы, и общая система не имѣетъ иныхъ составныхъ частей, кромѣ кинетической энергіи. Подобное воззрѣніе лежитъ въ основѣ системы механики Гертца. Разсмотримъ одну или двѣ простыя механическія системы, въ которыхъ движущаяся матерія, связанная съ этими системами, проявляетъ то же самое дѣйствіе, какъ и сила. На черт. 1 *A* и *B* обозначаютъ два тѣла, прикрѣпленныя къ трубкамъ, которыя могутъ подниматься и опускаться на стержнѣ *EF*. Два шара *C* и *D* соединены съ *A* и *B* при помощи двухъ стержней и шариковъ. Если шары начнутъ вращаться около оси *EF*, то они будутъ стремиться удалиться другъ отъ друга, а по мѣрѣ того, какъ они будутъ удаляться отъ этой оси, *A* и *B* будутъ приближаться другъ къ другу. *A* и *B*, такимъ образомъ, будутъ стремиться другъ къ другу, т. е. взаимодѣйствіе между ними будетъ такое, какъ будто бы между ними



Черт. 1.

дѣйствовала сила притяженія. Скорости *A* и *B* время отъ времени измѣняются, а вмѣстѣ съ тѣмъ мѣняется и ихъ кинетическая энергія; измѣненіе кинетической энергіи *A* и *B* фактически вызываетъ измѣненіе кинетической энергіи шаровъ. Если бы вращающаяся система *C* и *D* была невидима, то взаимодѣйствіе тѣлъ *A* и *B* пришлось бы объяснять при помощи соотвѣтствующей потенціальной энергіи ихъ. И это произошло бы отъ того, что мы разсматривали бы *A* и *B*, какъ самостоятельную систему, тогда какъ они въ дѣйстви-



Черт. 2.

тельности только части одной большой системы; когда же мы разсматриваемъ одну общую систему, мы видимъ, что она находится въ такомъ состояніи, какъ будто на нее не дѣйствуетъ никакая сила, и она не обладаетъ никакой другой энергіей, кромѣ кинетической. Можетъ быть, интересно упомянуть, что подобнымъ же образомъ мы можемъ выяснить тотъ фактъ, что два тѣла притягиваются другъ къ другу съ силой, которая измѣняется обратно пропорціонально квадрату ихъ взаимнаго разстоянія. На черт. 2 *A* и *B* обозначаютъ два тѣла; положимъ, что къ нимъ прикрѣплены параболической формы проволоки, не имѣющія массы; если эти проволоки стянуты кольцомъ *P*, имѣющимъ небольшую, но конечную массу, и мы дадимъ системѣ

вращеніе около A и B, то кольцо обнаружитъ стремленіе удалиться отъ оси вращенія; A и B начнутъ приближаться другъ къ другу, и тогда не трудно будетъ доказать, что законъ движенія будетъ такой, какъ будто между этими тѣлами существуетъ сила, которая измѣняется обратно-пропорціонально квадрату ихъ разстоянія.

Вышеупомянутое положеніе, что потенціальная энергія какой-нибудь наэлектризированной системы равна кинетической энергіи, связанной съ системой массы эѳира, когда этотъ эѳиръ движется со скоростью свѣта, служитъ дальнѣйшимъ примѣромъ потенціальной энергіи, которая въ дѣйствительности является кинетической энергіей присоединенной системы. Все это приводитъ насъ, какъ я старался сегодня показать Вамъ, къ изученію проблемы, которая, благодаря новѣйшимъ изслѣдованіямъ, даетъ возможность заключить, что обыкновенная матеріальная система должна быть связана съ невидимыми системами, которыя обладаютъ массами, какъ только эта матеріальная система содержитъ электрическіе заряды.

Разсматривая такимъ образомъ всякую матерію, какъ удовлетворяющую этимъ условіямъ, мы придемъ къ тому выводу, что невидимый міръ—эѳиръ—является въ большей части мастерской матеріальнаго міра, и что наблюдаемыя нами явленія природы суть образованія, сотканныя на ткацкомъ станкѣ этого невидимаго міра.

Опредѣленіе отношенія массы къ вѣсу въ случаѣ радіоактивнаго вещества *)..

(Извлеченіе изъ статьи Л. Саутсернса, сдѣланное М. Я. Якобсономъ).

Согласно представленіямъ сэра Дж. Томсона, подробно развитымъ въ напечатанной выше статьѣ: „Взаимоотношеніе между матеріей и эѳиромъ“, потенціальная энергія какой-либо системы представляетъ ничто иное, какъ кинетическую энергію эѳира, связаннаго съ этою системою. Съ каждымъ тѣломъ, заряженнымъ электричествомъ, съ каждымъ тѣломъ, обладающимъ потенціальной химической энергіей, радіоактивностью и т. п., связана эѳирная масса тѣмъ бо́льшая, чѣмъ больше потенціальная энергія данной системы. Эта эѳирная масса, по мнѣнію сэра Томсона, не можетъ никоимъ образомъ увеличить вѣсъ тѣла; слѣдовательно, масса тѣла, обладающаго большей потенціальной энергіей, т.-е. большимъ количествомъ невѣсомой эѳирной массы, должна быть больше массы тѣла, имѣющаго тотъ же вѣсъ, что и первое, но обладающаго меньшей потенціальной энергіей. Такимъ образомъ отношеніе массы къ вѣсу (величина, обратная ускоренію силы земного притяженія, g) не постоянно для всѣхъ

*) *L. Southerns.* Proc. R. Soc. A. *84* p. 325 (1910).

тѣлъ, а должно быть тѣмъ больше, чѣмъ больше потенціальная энергія тѣла.

Для провѣрки этого заключенія путемъ опыта наиболѣе пригодны радіоактивныя вещества, такъ какъ они обладаютъ громадной потенціальной энергіею, убывающей очень медленно: съ 1 граммомъ радія, по вычисленіямъ проф. Томсона, должна быть связана эѳирная масса по крайней мѣрѣ на $\frac{1}{13.000}$ грамма большая, чѣмъ съ какимъ-либо нерадіоактивнымъ веществомъ того же вѣса. На такую же величину должно отличаться отношеніе массы къ вѣсу радія отъ того же отношенія для равнаго по вѣсу количества неактивнаго вещества. Лучшій способъ для опредѣленія отношенія массы къ вѣсу — это наблюденіе надъ временемъ колебанія маятника. Опыты сэра Томсона съ маятникомъ, чечевица котораго была сдѣлана изъ радіевой соли, не привели къ желательному результату, такъ какъ радія въ большомъ количествѣ нельзя достать, а съ тѣмъ количествомъ, которое имѣлось налицо, маятникъ не могъ обнаруживать измѣненія въ отношеніяхъ массы къ вѣсу большія, чѣмъ $\frac{1}{3.000}$.

Сэръ Томсонъ пришелъ къ заключенію, что выгоднѣе было бы эти опыты произвести съ ураномъ, который, какъ предокъ радія, долженъ заключать въ себѣ и энергію радія, а кромѣ того онъ можетъ быть полученъ въ достаточномъ количествѣ. Такіе опыты произведены въ прошломъ 1910 г., по предложенію проф. Томсона, его бывшимъ ученикомъ Л. Саутсернсомъ.

Первые опыты Саутсернса, такъ же, какъ и опыты самого Томсона, были произведены по способу, который существенно не отличался отъ способа, примѣненнаго Бесселемъ съ цѣлью обнаружить разницу въ ускореніи силы тяжести для различныхъ веществъ.

Пустотѣлый алюминіевый цилиндръ при помощи проволоки прикрѣплялся къ призмѣ, ребро которой и служило осью качанія такого маятника. Употреблялись двѣ проволоки, двухъ различныхъ длинъ: l_1 и l_2.

Опредѣлялись періоды колебаній получившихся такимъ образомъ маятниковъ, одинъ разъ когда алюминіевый цилиндръ былъ наполненъурикомъ (t_1 для проволоки l_1 и t_2 для l_2), и другой разъ когда онъ былъ наполненъ окисью урана (t_1' и t_2'). Допуская, что къ этимъ маятникамъ примѣнима формула математическаго маятника, имѣемъ:

$$t_1^2 - t_2^2 = \frac{4\pi^2}{g}(l_1 - l_2) \text{ и } t_1'^2 - t_2'^2 = \frac{4\pi^2}{g_1}(l_1 - l_2),$$

откуда $\frac{g_1}{g} = \frac{t_1^2 - t_2^2}{t_1'^2 - t_2'^2}$.

Такимъ образомъ изъ этихъ наблюденій прямо можно вычислить отношеніе ускореній силы тяжести $\left(g = \frac{p}{m}\right)$ для радіоактивнаго и нерадіоактивнаго вещества, а слѣдовательно, и отношеніе обратныхъ величинъ—отношеній массы къ вѣсу.

Но на самомъ дѣлѣ описанные маятники не математическіе; поэтому приходится принять во вниманіе и ихъ размѣры, моменты инерціи и т. п. Послѣ того, какъ всѣ необходимыя поправки были введены, оказалось, что время колебанія можно было опредѣлять съ точностью не большею $\frac{1}{20000}$; слѣдовательно, отношеніе вѣса къ массѣ можно было опредѣлить лишь съ точностью до $\frac{1}{10000}$ (если обозначимъ $\frac{1}{g}$ черезъ f, то имѣемъ $\frac{df}{f} = \frac{2dt}{t}$). Причина такой малой точности (Бессель достигъ точности $\frac{1}{100000}$) заключается въ томъ, что невозможно собрать аятникъ послѣ замѣны проволокъ и вещества въ чече-

вицѣ точно въ такомъ видѣ, какъ онъ былъ при предыдущемъ опредѣленіи. Это заставило Саутсернса устроить новый маятникъ: къ негибкому стержню разъ навсегда были прикрѣплены въ двухъ мѣстахъ 2 призмы; переводить маятникъ съ одной призмы на другую можно было при помощи особаго механизма, приводимаго въ движеніе извнѣ. Къ новому маятнику нужно было уже приложить формулы физическаго маятника. Пришлось бы тщательно опредѣлить размѣры, моменты инерціи и т. п. всѣхъ частей новаго маятника, и разсчетъ результатовъ наблюденій былъ бы весьма сложнымъ. Но Саутсернсъ придумалъ въ высшей степени остроумный исходъ, который позволилъ не только обойтись безъ указанныхъ кропотливыхъ измѣреній, но далъ, кромѣ того, возможность выразить результаты весьма просто и наглядно.

Для времени колебанія физическаго маятника мы имѣемъ формулу:

$$t = 2\pi \sqrt{\frac{J}{Mgh}} = 2\pi \sqrt{\frac{J}{Wh}},$$

гдѣ J моментъ инерціи всей системы относительно оси вращенія, h разстояніе центра тяжести отъ этой оси, M—масса, W—вѣсъ всего маятника. Если мы станемъ передвигать вдоль стержня чечевицу маятника, заключающую внутри себя какое-нибудь вещество, или станемъ мѣнять положеніе оси качанія маятника, то мы вмѣстѣ съ тѣмъ измѣнимъ, какъ J, такъ и h. Слѣдовательно, время колебанія t можно разсматривать, какъ функцію относительнаго положенія чечевицы и оси качанія. Отложимъ на оси абсциссъ разстоянія между центромъ тяжести чечевицы и осью качаній маятника (l), а на оси ординатъ соотвѣтствующіе періоды коле-

баній (t). Тогда получится кривая приблизительно такого вида, какъ на рис. 1. Обозначимъ точку на стержнѣ маятника, для которой $l = l^0$, черезъ X. Помѣстимъ на стержнѣ одну ось качаній (ребро одной призмы) выше X, другую (ребро другой призмы) ниже X. Пониженіе чечевицы на стержнѣ или пониженіе ея центра тяжести, когда маятникъ качается на верхней призмѣ ($l_1 > l_0$), вызываетъ, какъ видно изъ чертежа, увеличеніе времени колебанія (пониженіе центра тяжести чечевицы соотвѣтствуетъ увеличенію l отъ l_1 до l_2). Пониженіе центра тяжести чечевицы (увеличеніе l отъ l_1' до l_2^1), когда маятникъ качается на нижней призмѣ ($l_1' < l_0$), вызываетъ, наоборотъ, уменьшеніе времени колебанія. Пусть t_1 и t_1' суть соотвѣтственно времена колебанія маятника на верхнемъ и нижнемъ подвѣсѣ при нормальномъ положеніи чечевицы, а t_2 и t_2'—соотвѣтствующіе періоды колебаній при нѣсколько пониженномъ положеніи чечевицы. Тогда $t_2 > t_1$ и $t_2' < t_1^1$. Примемъ за оси координатъ періоды колебаній маятника на верхнемъ и нижнемъ подвѣсѣ t и t_1. Въ такой системѣ координатъ, очевидно, каждому положенію чечевицы маятника соотвѣтствуетъ одна опредѣленная точка. Такимъ образомъ для двухъ положеній чечевицы мы получимъ точки 1 и 2, какъ показано въ діаграммѣ A.

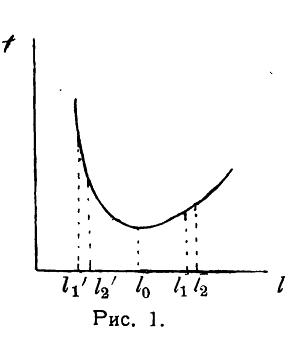
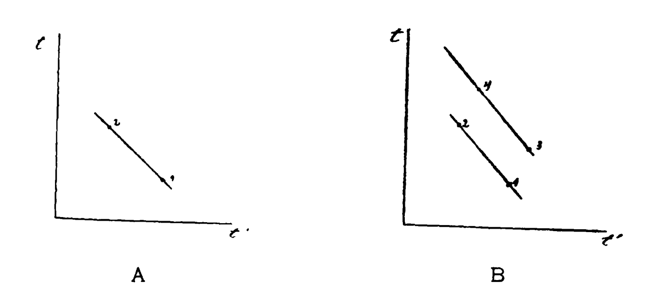


Рис. 1.

Точки, соотвѣтствующія положеніямъ чечевицы, промежуточнымъ между первымъ и вторымъ, должны, очевидно, лежать на прямой, соединяющей точки 1 и 2.

Эту линію назовемъ «характеристической прямой маятника». Положимъ, что первая характеристическая прямая получена, когда чечевица была наполнена сурикомъ. Если мы теперь замѣнимъ сурикъ радіоактивной окисью урана, въ томъ же по вѣсу количествѣ (оставляя, слѣдовательно, W въ формулѣ, опред. періодъ колебаній, постояннымъ), то увеличеніе массы скажется только на моментѣ инерціи J, и, слѣдовательно, t должно во всѣхъ случаяхъ увеличиться: точка 3 (см. діаграмму B), полученная при наблюденіи качаній маятника при нор-



A B

мальномъ положеніи чечевицы, содержащей окись урана, должна лежать правѣе и выше 1-ой. Опустивъ немного чечевицу, мы получимъ точку 4 приблизительно настолько же правѣе и выше 2-ой, насколько 3-ья правѣе и выше 1-ой. Характеристическая линія маятника для радіоактивнаго вещества должна, слѣдовательно, быть приблизительно параллельной характеристической линіи для неактивнаго вещества, но лежать правѣе и выше.

Этотъ методъ, помимо своей простоты и изящества, обладаетъ двумя громадными преимуществами: во-первыхъ, какъ уже указано, не нужно опредѣлять размѣровъ,

моментовъ инерціи *) и т. п.; во-вторыхъ, что особенно важно, онъ освобождаетъ отъ необходимости тщательно регулировать въ вертикальномъ направленіи положеніе чечевицы и центръ тяжести ея содержимаго, ибо небольшое перемѣщеніе центра тяжести чечевицы въ вертикальномъ направленіи, какъ явствуетъ изъ сказаннаго выше, можетъ вызвать только перемѣщеніе искомой точки вдоль прямой, но никоимъ образомъ не въ сторону отъ нея. Что же касается ошибокъ отъ боковыхъ перемѣщеній центра тяжести чечевицы, то онѣ были сведены къ минимуму особымъ способомъ наполненія чечевицы.

Эти опыты Саутсернса по остроумной конструкціи приборовъ и по тщательности изслѣдованія всѣхъ причинъ, могущихъ повлiять на результаты, напоминаютъ лучшіе опыты классиковъ нашей науки. Отсылая читателя, интересующагося этимъ изслѣдованіемъ, а также подробностями конструкціи всего прибора, къ оригинальной статьѣ Саутсернса, сообщимъ здѣсь только самое важное изъ примѣненныхъ пріемовъ и сдѣланныхъ поправокъ.

Для исключенія ошибокъ отъ неравномѣрнаго хода часовъ, за единицу времени былъ принятъ періодъ колебаній особаго «стандартнаго» маятника. Этотъ маятникъ, сдѣланный изъ сплава «инваръ» (invar) (64% Fe + 36% Ni), почти совершенно не подверженнаго тепловому расширенію (коэфф. расшир. $= 9 \times 10^{-9}$), былъ помѣщенъ рядомъ съ первымъ маятникомъ въ одномъ и томъ же

*) На самомъ дѣлѣ эти величины пришлось опредѣлить, но только для внесенія нѣкоторыхъ поправокъ, а потому можно было довольствоваться при ихъ измѣреніи гораздо меньшей степенью точности. *М. Я.*

ящикѣ и находился, слѣдовательно, точно въ такихъ же условіяхъ. Наблюдались одновременно колебанія обоихъ маятниковъ, и опредѣлялись періоды ихъ въ часовыхъ секундахъ, и затѣмъ находили отношеніе этихъ періодовъ; часовыя секунды, такимъ образомъ, служили только переходною ступенью. Окончательно результаты выражены не въ абсолютныхъ секундахъ средняго времени, а въ единицахъ, немного отличающихся отъ нихъ, такъ какъ въ данномъ случаѣ, очевидно, величина единицы времени не играетъ никакой роли.

Для опредѣленія періодовъ колебаній маятниковъ Саутсернсъ пользовался методомъ, указаннымъ проф. Пойнтингомъ и описаннымъ Хортономъ *). Къ каждому маятнику были прикрѣплены два зеркала: одно оставалось неподвижнымъ при качаніяхъ маятника, другое, прикрѣпленное къ стержню его, совершало колебанія вмѣстѣ съ нимъ. Зеркало, не участвующее въ качаніяхъ, обладало двумя передвиженіями, позволявшими регулировать его положеніе; эту установку, при помощи системы рычаговъ, также можно было производить извнѣ, не открывая ящика. Маятники были помѣщены въ нишѣ такимъ образомъ, что плоскости качаній были перпендикулярны къ стѣнѣ. Когда маятникъ былъ въ покоѣ, оба зеркальца лежали въ одной плоскости, перпендикулярной плоскости качаній и, слѣдовательно, параллельной стѣнѣ. Передъ маятниками была установлена въ горизонтальномъ положеніи гейслеровская трубка, наполненная геліемъ. При прохожденіи маятника часовъ черезъ положеніе равновѣсія (остріе его въ этотъ моментъ пересѣкало желобокъ со ртутью) замыкался первичный токъ

*) Horton, Phil. Trans. A, *vol. 204.*

въ катушкѣ Румкорфа, и геліевая трубка вспыхивала. При помощи помѣщеннаго за геліевой трубкой цилиндрическаго зеркала получалась рѣзкая, тонкая горизонтальная свѣтовая линія, два изображенія которой въ зеркалахъ маятника разсматривались въ трубу. Неподвижное зеркало регулировалось такъ, чтобы эти два изображенія, когда маятникъ въ покоѣ, были видны въ трубѣ на одной прямой и отчасти покрывали другъ друга. Положимъ теперь, что маятникъ пущенъ въ ходъ такимъ образомъ, чтобы трубка вспыхнула какъ разъ при первомъ его прохожденіи черезъ положеніе равновѣсія; въ трубѣ въ этотъ моментъ обѣ линіи будутъ совпадать, какъ и въ томъ случаѣ, когда маятникъ былъ въ покоѣ. Но при слѣдующемъ появленіи вспышки въ трубкѣ онѣ уже не будутъ совпадать, такъ какъ испытуемый маятникъ или уйдетъ впередъ или отстанетъ отъ маятника часовъ (смотря по соотношенію ихъ періодовъ): линія, отраженная отъ неподвижнаго зеркала, будетъ на прежнемъ мѣстѣ; линія же, отраженная отъ зеркала, прикрѣпленнаго къ стержню маятника, будетъ ниже или выше ея. При дальнѣйшемъ движеніи маятника вторая линія будетъ мѣнять свое мѣсто совершенно неправильнымъ образомъ. Черезъ n секундъ, скажемъ, она появится опять вблизи неподвижной линіи; въ этотъ моментъ испытуемый маятникъ, очевидно, близокъ къ положенію равновѣсія,—ясно, что онъ за эти n секундъ совершилъ $N \pm a$ колебаній, гдѣ a маленькая дробь. Пропустимъ теперь промежутокъ времени въ n секундъ; въ $2n$'ую секунду маятникъ совершилъ всего $2N \pm 2a$ колебаній; слѣдовательно, подвижная свѣтовая линія въ этотъ моментъ должна появиться дальше отъ нулевого положенія, чѣмъ въ n'ую секунду. Продолжая наблю-

дать подвижную свѣтовую линію черезъ равные промежутки въ n секундъ, мы увидимъ, что она сначала все больше и больше удаляется отъ неподвижной, но затѣмъ начинаетъ опять приближаться къ ней, переходитъ на другую сторону, опять удаляется (но уже въ противоположномъ направленіи) и, достигнувъ крайняго удаленія, начинаетъ возвращаться. Черезъ P періодовъ въ n секундъ она опять подходитъ съ той же стороны къ нулевому положенію, и, предположимъ, точно совпала съ нимъ. Тогда, очевидно, маятникъ совершилъ $PN \pm 1$ колебаній; такъ какъ времени протекло Pn секундъ, то періодъ одного колебанія равенъ $\frac{Pn}{PN \pm 1}$ секундъ.

Но устроить такъ, чтобы первое прохожденіе маятника черезъ положеніе равновѣсія точно совпало съ разрядомъ трубки, совершенно невозможно. Точно также невозможно подобрать величину періода такъ, чтобы въ концѣ наблюденій имѣло мѣсто точное совпаденіе. Поэтому въ фокальной плоскости трубы была помѣщена шкала, по которой отмѣчалось, насколько дѣленій подвижная линія отстояла отъ неподвижной. Положимъ, что въ началѣ перваго періода въ n секундъ она отстояла на a дѣленій отъ нуля, а въ концѣ его на b дѣленій съ другой стороны; она, значитъ, перемѣстилась на $a+b$ дѣленій шкалы за одинъ періодъ въ n секундъ; до совпаденія же съ нулемъ она должна была бы перемѣститься на a дѣленій; слѣдовательно, отъ момента первой вспышки геліевой трубки до идеальнаго совпаденія свѣтовыхъ линій прошло $\frac{a}{a+b}$ часть періода (въ n секундъ). Итакъ, вмѣсто перваго періода, мы должны считать только $1 - \frac{a}{a+b}$ періода, а всего, вмѣсто P пе-

ріодовъ, $P-\frac{a}{a+b}$. Аналогичную поправку надо ввести и для послѣдняго наблюденія, если только подвижная линія случайно не совпала съ нулемъ.

Послѣ тщательнаго анализа всѣхъ условій опыта, въ полученныхъ указаннымъ путемъ числахъ для періодовъ колебаній оказалось необходимымъ сдѣлать всего три поправки.

Несмотря на принятыя мѣры (двойныя стѣнки, промежутокъ между которыми былъ заполненъ опилками), температура въ ящикѣ, въ которомъ находились маятники, все же была подвержена нѣкоторымъ колебаніямъ. Поправка на расширеніе маятника съ двумя призмами («стандартный» маятникъ, какъ указано, былъ изъ нерасширяющагося матеріала), вводилась по слѣдующей формулѣ, понятной безъ дальнѣйшаго:

$$t_1 = 2\pi\sqrt{\frac{J(1+\alpha)^2}{Wh(1+\alpha)}} = t\sqrt{1+\alpha} = t+\frac{1}{2}\alpha t,$$

гдѣ α—среднiй коэффиціентъ расширенія, принятый $=$ $= 0{,}000019$.

Увеличеніе температуры воздуха производитъ дѣйствіе, противоположное дѣйствію уменьшенія давленія, а именно, оказалось, что увеличеніе температуры на 1°C равносильно паденію барометра на $\frac{76}{285}$ сантиметра. Колебаніе же давленія воздуха дѣйствуетъ слѣдующимъ образомъ:

1) мѣняется потеря въ вѣсѣ маятника,

2) мѣняется масса увлекаемаго маятникомъ воздуха, слѣдовательно, и моментъ инерціи движущейся системы,

3) мѣняется вѣсъ заключеннаго въ чечевицѣ воздуха,

4) вмѣстѣ съ этимъ мѣняется моментъ инерціи чечевицы.

Для введенія этихъ поправокъ, очевидно, необходимо знать, хотя бы приблизительно, размѣры, вѣсъ и моменты инерціи различныхъ частей маятника. Для «стандартнаго» маятника, конечно, приходится вносить только первыя двѣ изъ указанныхъ поправокъ.

Перейдемъ теперь къ результатамъ. Но раньше посмотримъ, что должны были дать опыты Саутсернса, если теорія Томсона справедлива.

Масса препарата урана, помѣщеннаго въ чечевицу маятника, равнялась 1015 граммамъ. Принявъ во вниманіе химическую форму этого вещества ($Ur_3 O_8$), можно найти, что имѣлось на лицо 860 граммовъ урана. Если вычесть нѣкоторыя постороннія примѣси, содержащіяся въ этомъ веществѣ, то окажется, что эти 860 граммовъ по заключенной въ нихъ энергіи соотвѣтствуютъ 806 граммамъ чистаго радія. Такъ какъ по теоріи Томсона съ каждымъ граммомъ радія соединена эѳирная масса въ $\frac{1}{13}$ миллиграмма, то эѳирная масса въ опытахъ Саутсерноа должна была равняться 0,062 грамма. Прибавленіе этой невѣсомой массы должно только увеличить моментъ инерціи J въ формулѣ $t = 2\pi \sqrt{\frac{J}{Wh}}$.

Разстояніе центра тяжести чечевицы отъ верхней оси равнялось 139,963 см., а отъ нижней—65,435 см. Прибавка къ J ($dJ = mr^2$) для верхней оси = 1215, а для нижней=262. Изъ выраженія t получаемъ:

$$t^2 = \frac{4\pi^2 J}{Wh}, \frac{2dt}{t} = \frac{dJ}{J}, \text{ откуда } dt = \frac{t}{2} \frac{dJ}{J}.$$

Вставивъ для dJ указанныя числа, для t приблизительныя значенія періода колебаній для верхней оси 2,2187 сек.,

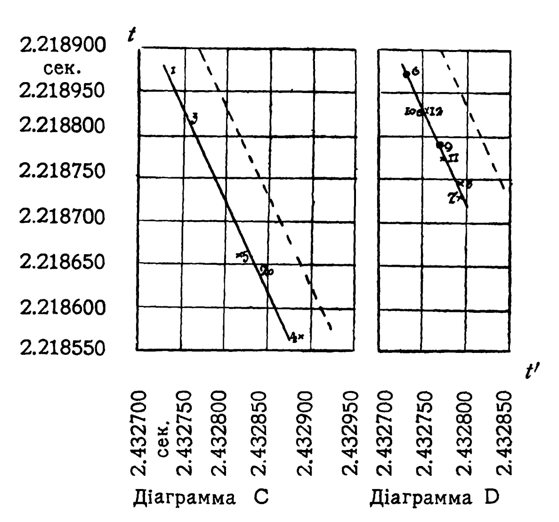
для нижней 2,4328 сек. и для J соотвѣтственно 34347,995 и 8777,620, получимъ для dt какъ для верхней, такъ и для нижней оси, число 0,000036 секундъ.

Теперь посмотримъ, что дали опыты. Вотъ окончательные результаты ихъ:

№ опыта.	Вещество въ чечевицѣ.	Положеніе чечевицы.	Періоды колебаній (послѣ всѣхъ поправокъ).	
			На верхней оси.	На нижней оси.
1	Сурикъ.	Нормальное.	2,218,874	2,432,731
2	Уранъ.	„	641	854
3	„	Пониженное.	819	751
4	Сурикъ.	Нормальное.	567	889
5	„	Пониженное.	659	816
6	Уранъ.	Нормальное.	873	732
7	Сурикъ.	„	731	792
8	„	„	745	793
9	Уранъ.	„	790	770
10	„	Пониженное.	829	748
11	Сурикъ.	Нормальное.	774	774
12	„	„	829	754

Если бы мы вычислили среднія значенія для періодовъ колебаній (относительно каждой изъ двухъ осей) съ чечевицей, содержащей сурикъ, и съ чечевицей, содержащей уранъ, то мы нашли бы, что числа для урана отличаются отъ чиселъ сурика гораздо больше, чѣмъ на 0,000036 сек.

Но не нужно забывать, что въ данныхъ результатахъ еще не исключено вліяніе *случайныхъ* неправильностей—въ *вертикальномъ* положеніи чечевицы. Что колебанія въ найденныхъ для t значеніяхъ дѣйствительно слѣдуетъ приписать только этому обстоятельству, съ



Діаграмма C Діаграмма D

полной ясностью обнаруживаютъ слѣдующія 2 діаграммы, начерченныя согласно данной въ началѣ этой статьи теоріи. Пунктиромъ указано положеніе характеристической прямой для урана, на основаніи приведеннаго разсчета. Точки, соотвѣтствующія наблюденіямъ, сдѣланнымъ съ сурикомъ, обозначены на діаграммахъ крестиками, а точки для урана кружками.

Въ діаграммѣ D наблюденныя точки еще меньше отступаютъ отъ характеристической прямой, чѣмъ въ C, такъ какъ, начиная съ 6-го наблюденія, болѣе тщательно производилось наполненіе чечевицы, и стояла болѣе благопріятная погода. Во второй діаграммѣ значенія для t отступаютъ отъ характеристической прямой не больше, чѣмъ на $\frac{1}{400.000}$; слѣдовательно, *отношеніе массы къ вѣсу радіоактивнаго урана не можетъ отличаться отъ того же отношенія для нерадіоактивнаго сурика больше, чѣмъ на* $\frac{1}{200.000}$, въ то время, какъ по теоріи Томсона, мы вправѣ ожидать разницу не меньшую, чѣмъ $\frac{6}{100.000}$.

Что же слѣдуетъ изъ этого результата? Чтобы вполнѣ уяснить себѣ это, приведемъ нѣсколько строкъ изъ предсѣдательскаго обращенія проф. Томсона на съѣздѣ Британской Ассоціаціи въ Уинипегѣ въ 1909 г.: «Если эѳиръ не подверженъ дѣйствію силы тяжести, онъ, навѣрное, не можетъ увеличить вѣсъ тѣла, съ которымъ онъ соединенъ; равнымъ образомъ, если эѳиръ вѣсóмъ, мы не можемъ ожидать, чтобы вѣсъ тѣла, плавающаго въ эѳирномъ морѣ, увеличился отъ того, что съ нимъ связана эѳирная масса». Такимъ образомъ по представленіямъ сэра Томсона, масса тѣла, съ которымъ связана бóльшая эѳирная масса, должна *во всякомъ случаѣ—вѣсомъ ли эѳиръ или не вѣсомъ*—быть больше массы тѣла, имѣющаго равный вѣсъ, но отличную эѳирную массу. Опыты, достаточно чувствительные и выполненные весьма тщательно съ *цѣлью подтвердить* это заключеніе, дали, какъ мы видѣли, отрицательный результатъ.

Это, конечно, является очень чувствительнымъ ударомъ для сторонниковъ не только теоріи Томсона, но и эѳирной теоріи вообще, такъ какъ именно теорія Томсона среди приверженцевъ эѳира пользуется наибольшею популярностью. Нельзя, однако, думать, что результаты этихъ опытовъ заставятъ приверженцевъ эѳира отказаться отъ своихъ воззрѣній: можно, конечно, пересмотрѣть теорію эѳира такъ, чтобы эти результаты получили объясненіе. Но несомнѣнно и то, что опыты Саутсернса явятся новымъ сильнымъ аргументомъ въ рукахъ противниковъ эѳира.

С.П.Б. 28 февраля 1911 г.

М. Якобсонъ.

Эѳиръ.

Норманъ Кэмпбль *)

§ 1. Существующія въ современной физикѣ воззрѣнія на „эѳиръ“ ненормальны и неудовлетворительны. Судя по работамъ нѣкоторыхъ авторовъ, можно было бы подумать, что никогда это понятіе не играло болѣе важной роли и никогда не было установлено столь незыблемо, какъ теперь; напротивъ, другіе ученые совершенно отказались отъ употребленія понятія «эѳиръ» и считаютъ его даже препятствіемъ къ дальнѣйшему развитію науки. Конфликтъ мнѣній по этому вопросу носитъ немного иной характеръ, чѣмъ почти всѣ разногласія, до сихъ поръ раздѣлявшія людей науки: вопросъ, поднятый здѣсь, не принадлежитъ по существу къ тѣмъ, которые рѣшаются опытомъ, или же къ тѣмъ, которые возникаютъ при интерпретаціи опытовъ. Недовольство эѳиромъ, безъ сомнѣнія, по большей части вызвано новыми теоріями атомическаго характера лучистой энергіи и тѣмъ фактомъ, что принципъ относительности является достаточной основой для электромагнитной теоріи. Съ другой стороны ясно, что такія теоріи не являются ни достаточнымъ, ни необходимымъ условіемъ для отказа

*) *Norman Campbell.* Phil. Mag. *19* p. 181 (1910).

отъ установившагося понятія. Сэръ Дж. Дж. Томсонъ, авторъ первой и идущей дальше всѣхъ другихъ атомической теоріи лучистой энергіи, посвятилъ большую часть своей предсѣдательской рѣчи на засѣданіи Британской Ассоціаціи описанію свойствъ эѳира. Я же надѣюсь показать, что анализъ идей столь же старыхъ, какъ элементы электростатики, можетъ привести къ глубокимъ сомнѣніямъ относительно полезности этого понятія. Если бы обѣ стороны высказали свои взгляды детально, то мы увидѣли бы, что разногласіе между ними затрагиваетъ скорѣе основные принципы науки, чѣмъ болѣе частные вопросы наблюденія и интуиціи. Можетъ быть, въ томъ, что ученые питаютъ значительную вражду къ преніямъ, касающимся существенныхъ основъ ихъ науки, и заключается причина того, что понятіе эѳира такъ мало подвергалось нападкамъ, и что такъ рѣдко приходилось его защищать. Слѣдующія замѣчанія, я надѣюсь, помогутъ разобрать этотъ важный вопросъ во всемъ его объемѣ *).

§ 2. Прежде всего намъ надо разсмотрѣть, что подразумѣвается подъ словомъ «эѳиръ», и для чего это понятіе было когда-то введено. Почти единственное извѣстное мнѣ опредѣленіе этого понятія принадлежитъ покойному лорду Сольсбери (Lord Salisbury), который назвалъ его *„подлежащимъ для глагола «колебаться»“*. Непосредственно нельзя понять, почему этотъ глаголъ нуждается въ особомъ подлежащемъ, но если мы вникнемъ немного глубже въ этотъ вопросъ, то найдемъ объясненіе, кото-

---

*) Замѣтимъ, что тѣ же соображенія въ главныхъ чертахъ развиты авторомъ также въ его книгѣ „Modern Electrical Theory“ (Cambridge 1907) и въ статьѣ, помѣщенной въ „New Quarterly Review“ №_3. (*Примѣч. автора*).

рое—хотя бы на первый взглядъ—является пріемлемымъ. Принципъ сохраненія энергіи представляетъ, можетъ быть, единственный тезисъ, принятый всѣми физиками, какъ необходимая основа ихъ науки, и этотъ принципъ, какъ кажется на первый взглядъ, требуетъ установленія такого понятія, какъ эѳиръ. Когда тѣло излучаетъ энергію по направленію къ другому тѣлу, обладающему болѣе низкой температурой и отдѣленному отъ перваго конечнымъ разстояніемъ, то проходитъ конечный промежутокъ времени, въ теченіе котораго энергія, потерянная первымъ тѣломъ, еще не будетъ получена вторымъ; если не считать энергію совершенно пропавшей въ теченіе этого промежутка, то, повидимому, необходимо допустить, что она въ это время поглощена какимъ-то третьимъ тѣломъ, которое не является ни источникомъ энергіи, ни тѣломъ, получающимъ энергію. Это третье тѣло, тѣло, которое является передатчикомъ энергіи свѣтовыхъ колебаній, и есть эѳиръ.

Развитіе электромагнитной теоріи свѣта привело къ увѣренности, что лучистая энергія по своей природѣ не отличается существенно отъ той энергіи, которая сосредоточена вокругъ наэлектризованнаго тѣла, находящагося въ покоѣ или въ движеніи. Эѳиръ поэтому разсматривается, какъ передатчикъ не только лучистой энергіи, но всѣхъ вообще видовъ электромагнитной энергіи, и мы можемъ его просто опредѣлить, какъ «*тѣло, въ которомъ сосредоточена электромагнитная энергія*».

Конечно, такое грубое опредѣленіе не удовлетворитъ многихъ, но для нашей цѣли оно достаточно, ибо оно настойчиво привлекаетъ вниманіе къ тѣмъ особенностямъ понятія «эѳиръ», которыя обыкновенно ему приписы-

ваютъ; а разсмотрѣть эти особенности и является въ настоящее время моей задачей.

§ 3. Опредѣленіе, очевидно, не есть теорема и не можетъ быть ни вѣрнымъ, ни невѣрнымъ. Какое бы ни принять опредѣленіе для научнаго понятія, всегда можно, формулируя соотвѣтствующимъ образомъ относящіяся къ этому понятію теоремы, создать теорію, согласную съ результатами наблюденія. Но на самомъ дѣлѣ — какъ показываетъ исторія — въ естествознаніи такъ же, какъ и въ другихъ наукахъ, обыкновенно раньше появляются теоремы, а затѣмъ только опредѣленія, хотя логически первыя вытекаютъ изъ вторыхъ. При выборѣ теоремъ руководствуются ихъ простотою, ихъ удобствомъ для математическаго развитія или тому подобными причинами, и первое, что требуется отъ опредѣленія какого-либо изъ понятій, встрѣчающагося въ теоремѣ, это то, что оно должно оправдать эту теорему. (Хорошимъ примѣромъ такого процесса можетъ служить установленіе понятія «идеальный газъ»).

Въ случаѣ эѳира положеніями, которыя должны быть вѣрными, являются шесть уравненій Максвелла; опредѣленіе эѳира должно быть выбрано такъ, чтобы эти положенія оказались вѣрными, когда оси относительныхъ координатъ «неизмѣнно связаны съ эѳиромъ». Если послѣ принятія какого-либо опредѣленія окажется, что уравненія Максвелла невѣрны, когда оси относительныхъ координатъ «неизмѣнно связаны съ эѳиромъ», то мы можемъ, выражаясь грубо, сказать, что наше опредѣленіе невѣрно, хотя правильнѣе было бы считать невѣрными уравненія. Для нашихъ цѣлей будетъ удобнѣе и не въ ущербъ общности, если мы замѣнимъ систему уравненій однимъ простымъ слѣдствіемъ изъ нихъ, а именно по-

ложеніемъ, что *электрическій зарядъ* **e**, *движущійся со скоростью* **u** *по отношенію къ «относительнымъ» осямъ, равносиленъ элементу тока, сила котораго* — **eu**, *а направленіе совпадаетъ съ траекторіей заряда.*

§ 4. На первый взглядъ можетъ показаться, что при опредѣленіи эѳира вродѣ даннаго выше, невозможно, чтобы наше предложеніе оказалось невѣрнымъ; но слѣдуетъ обратить вниманіе на первое слово опредѣленія — «тѣло» и на условіе теоремы, гласящее, что оси относительныхъ координатъ «неизмѣнно связаны съ эѳиромъ».

Положеніе: эѳиръ это «*тѣло*», безъ сомнѣнія, наводитъ на мысль, что эѳиръ, поскольку это касается относительнаго движенія его частей, похожъ на кусокъ твердаго вещества; что, за исключеніемъ деформацій, вызванныхъ распространяющимися черезъ него колебаніями, части эѳира не обладаютъ никакимъ другимъ относительнымъ движеніемъ; что движеніе какого-либо тѣла по отношенію къ эѳиру однозначно опредѣлено и въ общемъ не зависитъ отъ движенія этого тѣла относительно какой-нибудь иной матеріальной системы. И дѣйствительно, до самаго послѣдняго времени почти всѣми принималось, что скорость, которой пропорціонально магнитное дѣйствіе движущагося заряда, не есть его скорость относительно какой-либо матеріальной системы, а представляетъ скорость относительно какой-то системы, которая не зависитъ отъ всѣхъ матеріальныхъ тѣлъ, которая занимаетъ всю вселенную и не обладаетъ относительнымъ движеніемъ частей. Что такое положеніе, во всякомъ случаѣ, сомнительно — когда оно формулировано ясно и опредѣленно — никто не станетъ оспаривать. Но моей задачей является показать, что оно даже такъ мало вѣроятно, что

никогда не было бы принято даже на одно мгновенье, если бы не несчастное изобрѣтеніе такого привлекательнаго слова, какъ эѳиръ. Мнѣ кажется несомнѣннымъ, что если бы вмѣсто эѳира было установлено слово во множественномъ числѣ или еслибы къ слову «тѣло» въ данномъ выше опредѣленіи были прибавлены слова: «или тѣла», одинъ изъ самыхъ сложныхъ вопросовъ современной физики никогда не возникъ бы.

§ 5. Оси, «неизмѣнно связанныя съ эѳиромъ», вызываютъ представленіе о движеніи какой-либо матеріальной системы относительно эѳира или, наоборотъ, о движеніи эѳира относительно матеріальной системы. Посмотримъ, что можно понимать подъ такою скоростью эѳира? Когда мы говоримъ о скорости матеріальнаго тѣла *A* относительно тѣла B, то имѣемъ въ виду одно изъ двухъ опредѣленій слова «скорость», смотря по тому, имѣемъ ли мы дѣло съ твердыми тѣлами или съ жидкими. Въ первомъ случаѣ скорость есть мѣра измѣненія разстоянія между какою-либо отмѣченною точкою на *A* — отличающейся какимъ-либо свойствомъ отъ сосѣднихъ точекъ — и отмѣченною такимъ же способомъ точкою на B *); во второмъ случаѣ скорость измѣряется количествомъ вещества (по объему), проходящимъ въ единицу времени черезъ единицу поперечнаго сѣченія. Всякій, вѣроятно, согласится съ тѣмъ, что второе опредѣленіе (которое связывается съ первымъ основнымъ опредѣленіемъ скорости только нашимъ представленіемъ о квазитвердыхъ молекулахъ) неподходяще въ случаѣ эѳира, первое же, повидимому, примѣнимо. Разсмотримъ простой случай: два или болѣе заряженныхъ электричествомъ

*) См. замѣчаніе въ концѣ этой статьи.

тѣлъ движутся съ различными, но постоянными скоростями относительно какого-нибудь наблюдателя. Вокругъ каждаго изъ этихъ тѣлъ распредѣлена электростатическая энергія, сосредоточенная въ эѳирѣ; положеніе частей эѳира, содержащихъ опредѣленныя количества энергіи (относящіяся къ одному и тому же тѣлу), другъ относительно друга или по отношенію къ заряженному ядру не мѣняется при движеніи. Если эѳиръ—тѣло, въ которомъ локализована электрическая энергія, то, кажется, удобнѣе и проще всего отличать его точки другъ отъ друга—чтобы отмѣтить одну изъ нихъ, какъ это требуется опредѣленіемъ скорости—по количеству энергіи, содержащемуся въ нихъ.

Но тогда скорость эѳира относительно какого-либо наблюдателя окажется различной, смотря по тому, какое изъ движущихся заряженныхъ тѣлъ мы будемъ разсматривать: она всегда будетъ равна скорости соотвѣтствующаго заряженнаго тѣла относительно наблюдателя.

§ 6. Таковъ, я полагаю, простой и ясный путь, приводящій прямо къ принципу относительности; послѣдній, безъ сомнѣнія, былъ бы уже давно принятъ всѣми, если бы не слово «эѳиръ» въ единственномъ числѣ. «Если», говорятъ, «существуетъ только одинъ эѳиръ, то онъ не можетъ имѣть больше одной скорости относительно какого-нибудь наблюдателя; слѣдовательно, мы должны предположить, что нельзя отличать части эѳира другъ отъ друга по содержимой ими энергіи, и приходится допустить, что энергія движется сквозь эѳиръ, переходя отъ одной части его къ другой со скоростью, которая не имѣетъ ничего общаго со скоростью самого эѳира». Такого, по моему представленію, взгляда дер-

жатся тѣ, которые стоятъ за эѳиръ. Посмотримъ къ чему онъ приводитъ.

§ 7. Сразу ясно, что, если нельзя отличать другъ отъ друга точки эѳира по содержащейся въ нихъ энергіи, то у насъ нѣтъ никакихъ средствъ отмѣтить какую-либо изъ нихъ. Всѣ оптическія явленія доказываютъ, что эѳиръ (внѣ матеріальныхъ тѣлъ) по способности содержать энергію совершенно однороденъ: скорость лучистой энергіи прямолинейна и не зависитъ отъ направленія, по которому лучъ распространяется. Всѣ части эѳира, содержащія одинаковое количество энергіи—поскольку можно обнаружить опытомъ—совершенно тождественны, и нѣтъ никакой возможности отличить ихъ другъ отъ друга; границы эѳира, если таковыя существуютъ, также никогда не были достигнуты. Первое условіе для примѣненія къ эѳиру того опредѣленія скорости, которое лежитъ въ основѣ всѣхъ положеній о движеніи матеріальныхъ тѣлъ, не можетъ быть удовлетворено; до тѣхъ поръ, пока не будетъ дано другое опредѣленіе скорости, примѣнимое къ эѳиру, всѣ положенія о скорости эѳира или о скорости относительно него являются безсмысленными. Итакъ, если стоять на той точкѣ зрѣнія, что нельзя отличать части эѳира другъ отъ друга по содержащейся въ нихъ энергіи, то первое положеніе, высказываемое относительно скорости эѳира, должно быть опредѣленіемъ; въ противномъ случаѣ оно совершенно лишено смысла. Если кто-нибудь сообщаетъ мнѣ, что его часы вѣсятъ 100 граммовъ, то его утвержденіе имѣетъ для меня вполнѣ опредѣленный смыслъ, такъ какъ обычное опредѣленіе «вѣса» можетъ быть примѣнено къ часамъ; но если онъ говоритъ мнѣ, что *цвѣтъ* его часовъ вѣситъ 100 граммовъ, и отка-

зывается объяснить мнѣ, какимъ образомъ цвѣтъ можетъ быть взвѣшенъ, то я могу только заключить, что онъ болтаетъ ерунду; если же это объясненіе исключается тѣмъ фактомъ, что это говоритъ ученый профессоръ, то мнѣ остается предположить, что онъ по какой-нибудь причинѣ—можетъ быть, и вполнѣ разумной—хочетъ, чтобы я подъ словами: «то, что вѣситъ 100 граммовъ,» понималъ «цвѣтъ его часовъ».

Такимъ же образомъ, если кто-нибудь, отказываясь отъ принципа относительности, пишетъ уравненія Максвелла или простое слѣдствіе изъ нихъ, указанное выше, не устанавливая ясно, что такое представляетъ изъ себя скорость осей «неизмѣнно связанныхъ съ эѳиромъ» относительно какой-либо матеріальной системы (относительно которой можно измѣрять другія скорости), то его положеніе можетъ имѣть единственно такой смыслъ: онъ предлагаетъ назвать терминомъ «скорость u относительно эѳира» состояніе движенія тѣла, несущаго на себѣ зарядъ e, когда магнитное дѣйствіе его, измѣряемое какимъ-либо наблюдателемъ, эквивалентно дѣйствію элемента тока силою eu... Кромѣ того, изъ сказаннаго слѣдуетъ, что, если онъ выведетъ слѣдствія изъ своихъ основныхъ гипотезъ и сравнитъ ихъ съ данными опыта, то единственнымъ существеннымъ результатомъ его трудовъ можетъ быть слѣдующее: онъ можетъ узнать, съ какою скоростью (согласно его опредѣленію) движется относительно эѳира какое-нибудь тѣло или какія-нибудь тѣла, которыя онъ наблюдаетъ. Но онъ никакимъ образомъ не можетъ подтвердить или опровергнуть какія-либо предположенія, сдѣланныя имъ при составленіи его гипотезъ. Онъ находится въ положеніи математика, рѣшающаго уравненія, въ которыхъ имѣется одно или

нѣсколько неизвѣстныхъ перемѣнныхъ. Самое большое, что онъ можетъ сдѣлать, это найти частныя значенія для этихъ перемѣнныхъ; онъ не можетъ получить ни тождества, ни нетождества, которыя доказали бы вѣрность или невѣрность его исходныхъ уравненій.

§ 8. Можно подумать, что я упустилъ изъ виду другое опредѣленіе слова «скорость», также независимое отъ ученія объ электромагнитныхъ явленіяхъ. А именно, существуетъ величина, носящая названіе «*абсолютной скорости*»; значеніе этого термина устанавливается въ динамикѣ. Можно, можетъ быть, утверждать, что скорость заряженнаго тѣла относительно эѳира есть его «абсолютная скорость»? Такое утвержденіе возможно, и тогда падаютъ всѣ возраженія, высказанныя въ предыдущемъ параграфѣ, но зато возникаютъ новыя затрудненія, которыя гораздо серьезнѣе прежнихъ. Въ статьѣ автора «*О принципахъ динамики*» *) доказано, что понятіе «абсолютная скорость» (авторъ предлагаетъ писать: Абсолютная Скорость) имѣетъ смыслъ только до тѣхъ поръ, пока признаются справедливыми основныя положенія динамики. Однимъ изъ этихъ положеній является утвержденіе, что масса тѣла не зависитъ отъ состоянія его движенія. Изъ уравненій же электромагнетизма вытекаетъ, что *масса заряженнаго тѣла мѣняется во время его движенія*; этимъ самымъ отрицается вѣрность положеній динамики, и, слѣдовательно, терминъ «Абсолютная Скорость», также и терминъ «Абсолютное Движеніе» лишаются всякаго значенія. Логически невозможно утверждать *въ одно и то же время*:

---

*) *Campbell.* Phil. Mag. 19 p. 168, 1910.

1) что оси, неизмѣнно связанныя съ эѳиромъ, суть оси, Абсолютная Скорость которыхъ равна нулю,

и 2) что масса тѣла увеличивается вмѣстѣ со скоростью движенія этого тѣла относительно этихъ же осей.

Разъ одно изъ этихъ положеній признано вѣрнымъ, то другое становится не только невѣрнымъ, а просто лишеннымъ всякаго смысла.

Итакъ, мы должны согласиться съ тѣмъ. что приверженцы эѳира не могутъ считать «скорость относительно эѳира» ни скоростью, измѣряемою обычнымъ способомъ, ни Абсолютною Скоростью. И такъ какъ слово «скорость» во всѣхъ отдѣлахъ физики, кромѣ ученія объ электромагнитныхъ явленіяхъ, употребляется исключительно въ указанныхъ двухъ значеніяхъ, то остается заключить, что «скорость» въ электромагнетизмѣ представляетъ новое понятіе, опредѣленное первымъ положеніемъ, въ которомъ оно встрѣчается. Разсмотримъ слѣдствія, вытекающія изъ этого заключенія.

§ 9. Извѣстны два класса наблюденій, служащихъ для опытнаго опредѣленія скорости какого-либо тѣла относительно эѳира. Примѣромъ перваго, самаго непосредственнаго способа, можетъ служить опытъ Роулэнда (Rowland) надъ магнитнымъ дѣйствіемъ движущихся зарядовъ. Роулэндъ показалъ, что если зарядъ e движется со скоростью u относительно системы наблюдаемыхъ магнитовъ, то дѣйствіе его равносильно дѣйствію элемента тока eu. Слѣдовательно, — и это единственный возможный выводъ изъ результата опыта Роулэнда — скорость заряда относительно эфира есть его скорость относительно системы наблюдаемыхъ магнитовъ.

Ко второму ряду наблюденій относятся аберрація и

опытъ Майкельсона и Морлея (Michelson and Morley). Можно вывести изъ основныхъ теоремъ ученія объ электромагнитныхъ явленіяхъ, что если скорость какого-либо наблюдателя относительно эѳира мѣняется на величину u, то кажущееся направленіе свѣтового луча, видимаго наблюдателемъ, мѣняется на уголъ $\frac{u \sin \theta}{V}$, гдѣ θ есть уголъ между направленіемъ луча и направленіемъ u. Наблюденія надъ звѣздами показываютъ, что u есть скорость движенія земли по своей орбитѣ вокругъ солнца, а θ есть уголъ между этою скоростью и направленіемъ къ звѣздѣ. Съ другой стороны, наблюденія произведенныя надъ земными источниками, показываютъ, что u равняется нулю. Слѣдовательно, мы должны заключить—и это опять таки единственное возможное слѣдствіе—что, когда имѣются въ виду звѣзды, то скорость наблюдателя относительно эѳира является скоростью движенія земли по эклиптикѣ и что въ случаѣ земныхъ источниковъ эта скорость наблюдателя относительно эѳира равна нулю. Итакъ, наши наблюденія подтверждаютъ то, къ чему насъ привело *à priori* разсмотрѣніе простыхъ фактовъ электростатики, а именно: скорость, играющая роль въ электромагнитныхъ явленіяхъ, есть *относительная* скорость между дѣйствующей и «наблюдающей» системами; слова: «неизмѣнно связанныя съ эѳиромъ» для всякаго наблюдателя равнозначущи со словами: «неизмѣнно связанныя съ наблюдаемою имъ въ данномъ случаѣ системою». Итакъ, даже если мы исходимъ изъ точки зрѣнія «приверженцевъ эѳира», наблюденія заставляютъ насъ принять принципъ относительности.

§ 10. Но вѣрующіе въ эѳиръ отказываются сдѣлать этотъ выводъ, представляющійся логическимъ слѣдствіемъ ихъ заключеній; они настолько увлечены идеями, которыя

являлись у нихъ, благодаря постоянному употребленію слова «эѳиръ», что никакъ не могутъ примириться съ мыслью, что одинъ и тотъ же наблюдатель можетъ имѣть въ одно и то же время нѣсколько скоростей относительно эѳира. Они говорятъ о томъ, что результаты наблюденій надъ аберраціей и опыта Майкельсона надо «привести въ соотвѣтствіе» съ теоріей. Но здѣсь нѣтъ никакой надобности приводить что-либо «въ соотвѣтствіе»: полученные результаты представляютъ вполнѣ логическое цѣлое, и въ нихъ нѣтъ и слѣда противорѣчія. Безспорно, если опредѣлять скорость такъ, какъ это дѣлается для твердыхъ тѣлъ, то заключеніе, что одно и то же тѣло имѣетъ различныя скорости относительно другого, показывало бы, что допущена какая-то ошибка въ аргументаціи; но вѣдь скорость ими была опредѣлена совсѣмъ иначе, и нѣтъ никакого основанія предполагать, что новое опредѣленіе скорости подчиняется тѣмъ же ограниченіямъ, что и прежнее. Приверженцы эѳира въ данномъ случаѣ похожи на математика, который, имѣвши раньше дѣло только съ вещественными количествами и впервые встрѣтившись при рѣшеніи квадратнаго уравненія съ мнимымъ корнемъ, счелъ бы необходимымъ привести «это понятіе въ соотвѣтствіе» со своими прежними знаніями.

Это «приведеніе въ соотвѣтствіе», произведенное защитниками эѳира, было настоящей революціей и поистинѣ злополучной революціей. Приверженцы эѳира объявили, что они согласны отказаться отъ своего прежняго опредѣленія и замѣнить его новымъ. Что это рѣшеніе было благоразумнымъ, съ этимъ согласится всякій; но врядъ ли кто-либо признаетъ мудрымъ новое опредѣленіе, выбранное ими. Теперь стали утверждать:

1) что разница между скоростями какихъ-либо двухъ тѣлъ относительно эѳира равна ихъ скорости другъ относительно друга, и

2) что скорость какого-нибудь тѣла относительно эѳира неизвѣстна только въ предѣлахъ нѣкоторой постоянной величины.

Затѣмъ изо всѣхъ силъ старались доказать, что пока въ нашемъ распоряженіи не будетъ экспериментальныхъ средствъ совсѣмъ другого порядка, мы не можемъ надѣяться какимъ-либо опытомъ найти значеніе этой постоянной. Но нѣтъ, конечно, никакого основанія предполагать, что если эти опыты когда-либо и можно будетъ осуществить, что тогда величина, принятая за постоянную, дѣйствительно, окажется постоянной. Но приверженцы эѳира, облегченно вздохнувъ, успокоились на этомъ, въ полномъ убѣжденіи, что ими найдено такое рѣшеніе всѣхъ затрудненій, связанныхъ съ эѳиромъ, которое можетъ разсчитывать на всеобщее признаніе.

§ 11. Но признаніе было далеко не всеобщимъ. Пуанкарэ (Poincaré) возсталъ противъ этой схемы на томъ основаніи, что она требуетъ новыхъ гипотезъ каждый разъ, когда увеличивается точность нашихъ приборовъ. Кромѣ того, многіе, вѣроятно, обратили вниманіе на то, что нельзя же считать удовлетворительнымъ введеніе въ основныя уравненія науки величины, которую нельзя измѣрить ни непосредственно, ни съ помощью этихъ уравненій.

Будущій историкъ физики, вѣроятно, не мало будетъ удивляться тому обстоятельству, что громадное большинство физиковъ только потому, что не желаетъ разстаться съ идеями, единственнымъ источникомъ ко-

торыхъ, повидимому, является употребленіе слова «эѳиръ», приняло такую сложную, запутанную и къ тому еще шаткую систему и отказалось отъ другой, къ которой настойчиво приводили столь многія соображенія. Если не дѣлать совершенно произвольныхъ предположеній о значеніи «скорости эѳира» относительно какой либо «наблюдающей» системы, то результаты наблюденій заставляютъ насъ принять принципъ относительности, т. е. тотъ взглядъ, что оси «неизмѣнно связанныя съ эѳиромъ», къ которымъ слѣдуетъ отнести уравненія Максвелла, суть оси, неизмѣнно связанныя съ наэлектризованною системою, являющейся источникомъ энергіи, превращенія которой мы изслѣдуемъ. Увѣряли, что эти идеи въ дѣйствительности еще менѣе удовлетворительны, чѣмъ тѣ, которыя основаны на представленіи объ одномъ эѳирѣ, такъ какъ онѣ «заставляютъ приписать эѳиру оченъ сложное строеніе». Но если мы откажемся отъ употребленія слова «эѳиръ», то ясно обнаружится, что новыя идеи значительно проще. Система, въ которой сосредоточена электромагнитная энергія, перестаетъ быть однимъ единственнымъ тѣломъ, независящимъ отъ всѣхъ матеріальныхъ тѣлъ; эта система является теперь совокупностью частей, изъ которыхъ каждую слѣдуетъ разсматривать, какъ часть отдѣльнаго заряженнаго тѣла, находящагося въ движеніи; если заряженное тѣло движется равномѣрно относительно наблюдателя, то часть эѳира, въ которой сосредоточена его энергія, движется съ тою же скоростью относительно наблюдателя. Принципъ относительности не усложняетъ наши объясненія электрическихъ явленій, а, напротивъ, значительно ихъ упрощаетъ, такъ какъ уменьшаетъ на одно число тѣлъ, подлежащихъ разсмотрѣнію.

§ 12. Было бы нетрудно подобнымъ же образомъ выяснить и другія недоразумѣнія, которыя возникли благодаря пользованію понятіемъ эѳиръ, подвергнуть критикѣ многочисленныя и противорѣчащія другъ другу попытки опредѣлить его плотность, его упругость и даже его атомный вѣсъ. Но моей задачей вовсе не является высказать *всѣ* тѣ доводы, которые можно привести противъ эѳира; я хотѣлъ сообщить только тѣ, которые мнѣ кажутся въ настоящее время наиболѣе сильными. Приверженцамъ эѳира будетъ очень трудно связать со своими представленіями или «разъяснить» новыя работы Бухерера и атомистическія теоріи лучистой энергіи Дж. Дж. Томсона (J. J. Thomson) и Планка (послѣдняя недавно была дальше развита Штаркомъ *), такъ что теперь она очень мало отличается отъ первой **). Если они все же пытаются это сдѣлать, то причиной тому, безъ сомнѣнія, ихъ вѣра въ то, что понятіе «эѳиръ» еще заслуживаетъ быть сохраненнымъ. Доказательство того, что дѣла эѳира обстоятъ до смѣшного плохо даже тамъ, гдѣ его положеніе считалось наилучшимъ, что это понятіе никогда не давало ничего, кромѣ заблужденій и путанницы въ мысляхъ, пусть способствуетъ тому, чтобы оно поскорѣе было выброшено въ ту мусорную яму, гдѣ нынѣ уже гніютъ «флогистонъ» и «тепловая жидкость».

ДОБАВЛЕНІЕ.

Я хотѣлъ бы еще сдѣлать нѣсколько замѣчаній объ отношеніи между этою работою и другою: «О принци-

---

*) I. Stark. Phys. ZS. *10*, p. 579, 1909.

**) См. также A. Einstein. Phys. ZS. *10*, p. 185, 1909. (Прим. переводч.).

пахъ динамики» *), ибо можетъ показаться, что нѣкоторыя изъ высказанныхъ выше положеній не соотвѣтствуютъ сказанному въ той работѣ; однимъ изъ такихъ положеній является то, къ которому относится примѣчаніе на стр. 106. Въ «принципахъ динамики» показано, что скорость, разсматриваемая въ физикѣ, есть почти всегда просто скорость относительная, и что ее нельзя непосредственно выразить черезъ разстояніе и время.

Я могъ избѣгнуть указанныхъ несоотвѣтствій, воспользовавшись выраженіями, выведенными въ «принципахъ динамики» (хотя послѣдняя работа и написана значительно позже предлагаемой); но мнѣ представляется, что аргументація, приведенная выше—хотя съ формальной стороны противъ нея и могутъ быть возраженія—болѣе доказательна и требуетъ меньшаго напряженія мысли. Въ этомъ же добавленіи я хочу показать, какой видъ приметъ эта аргументація, будучи развита съ точки зрѣнія идей, высказанныхъ въ «принципахъ динамики».

Единственное значеніе, которое придается слову «скорость» въ научныхъ разсужденіяхъ и которое можетъ быть установлено безъ признанія вѣрности какой-либо научной теоріи, есть производная разстоянія по времени, т. е. $\frac{dr}{dt}$, если r обозначаетъ разстояніе и t—время; этимъ устанавливается соотношеніе (назовемъ его A) между скоростью, съ одной стороны, и разстояніемъ и временемъ—съ другой. Другія величины, какъ, напримѣръ, Абсолютная Скорость, также называемыя скоростями, вслѣдствіе того, что онѣ находятся въ какой-либо связи съ относительною скоростью, могутъ быть опредѣ-

*) *Campbell* Phil. mag. XIX, p. 168, 1910.

лены только тѣми уравненіями, которыя выражаютъ эту связь; ибо только уравненія фактически являются выраженіемъ всякой научной теоріи.

Если мы отказываемся отличать частицы эѳира по содержащейся въ нихъ энергіи, то мы лишаемся возможности измѣрять разстоянія между ними и, слѣдовательно, опредѣлять относительныя скорости такихъ частицъ при помощи соотношенія A. Для отказавшихся отъ этой возможности понятіе «скорость эѳира» становится безсмысленнымъ, если не признать вѣрность первой теоремы, въ которой это понятіе встрѣчается (уравненія Максвелла). Точно такъ же величина «*b*» не имѣетъ смысла для того, кто не признаетъ вѣрность уравненія Ванъ-деръ-Ваальса $[(p + \frac{a}{v^2})(v - b) = RT]$.

Рѣшивъ уравненія, которыми опредѣлено понятіе скорости, нашли для одной частицы въ различныхъ случаяхъ различныя значенія скорости; такое заключеніе показываетъ, что эта скорость обладаетъ свойствами, отличными отъ свойствъ «относительной скорости». Аналогично этому, если бы мы нашли для величины «*b*» отрицательное или мнимое значеніе, то это показывало бы, что величина «*b*» обладаетъ свойствами, отличными отъ свойствъ, приписываемыхъ объему, согласно его опредѣленію. Въ такомъ случаѣ представляются двѣ возможности: или мы это заключеніе принимаемъ, или мы создаемъ новую теорію, которая привела бы къ другимъ заключеніямъ. Въ случаѣ эѳира всѣ согласны съ тѣмъ, что полученное заключеніе слѣдуетъ отбросить, и что нужно построить новую теорію. Приверженцы принципа относительности указываютъ, что новая теорія можетъ быть выработана безъ введенія такого понятія, какъ «скорость эѳира»; се можно построить, пользуясь

только выраженіями, въ которыя входятъ величины, измѣряемыя исключительно при помощи соотношенія А. Приверженцы эѳира, напротивъ, предлагаютъ новую теорію, которая опять вводитъ количество того же характера, что и прежнее. Но чтобы избѣгнуть новыхъ нежелательныхъ выводовъ, они строятъ эту новую теорію такимъ образомъ, что значеніе введенной величины не можетъ быть измѣрено ни однимъ изъ доступныхъ опытовъ.

Я пытался доказать, что первый способъ болѣе удовлетворителенъ; къ тому, что я сказалъ, я хочу прибавить еще только одинъ доводъ, основанный на аналогіи съ динамикой. Всѣ физики, полагаю я, согласятся съ тѣмъ, что если бы динамику можно было построить на выраженіяхъ, содержащихъ одно относительное движеніе, и при этомъ уравненія не усложнились бы настолько, что не поддавались бы математической обработкѣ, всѣ, я думаю, согласны, что въ такомъ случаѣ эту теорію слѣдовало бы принять. «Абсолютная скорость» есть непріятная необходимость, мириться съ которою насъ заставляетъ несовершенство нашихъ математическихъ средствъ. Доводы противъ «скорости эѳира» болѣе вѣски, чѣмъ тѣ, которые высказываются противъ «Абсолютной скорости»: принимая уравненія, которыми опредѣляется «Абсолютная скорость» за вѣрныя, мы можемъ найти значенія ея; принимая же за вѣрныя уравненія, опредѣляющія понятія «скорость эѳира», мы не можемъ найти эту скорость. Съ другой стороны въ пользу эѳира нѣтъ довода, вытекающаго изъ несовершенства математики, такъ какъ уравненія, основанныя на принципѣ относительности, столь же просты, какъ уравненія, основанныя на понятіи «эѳиръ».

Перевелъ съ англійскаго *М. Якобсонъ*.

Положеніе новѣйшей физики по отношенію къ механическому міровоззрѣнію *).

Макса Планка.

Высокочтимое собраніе! Изъ всѣхъ городовъ, гдѣ происходятъ регулярные съѣзды нашего общества, едва ли можно назвать хоть одинъ, который такъ настойчиво приглашалъ бы насъ бросить взглядъ на новѣйшее развитіе физическихъ теорій, какъ тотъ, въ которомъ мы въ настоящее время находимся. Я при этомъ имѣю въ виду не только великаго Кенигсбергскаго философа, пытавшагося съ геніальной смѣлостью подчинить даже происхожденіе нашего космоса физическимъ законамъ, но и основателя теоретической физики въ Германіи Франца Неймана, школа котораго подарила физикѣ цѣлый рядъ весьма выдающихся изслѣдователей. Я имѣю также въ виду и творца принципа сохраненія энергіи Германа Гельмгольтца, который 56 лѣтъ тому назадъ здѣсь, на примѣрѣ поднятаго при помощи водяной силы и затѣмъ падающаго молота, наглядно разъяснилъ членамъ Физико-Экономическаго Общества совершенно новыя для того времени понятія потенціальной и кинетической энергіи („сила напряженія" и „живая сила").

*) Рѣчь, произнесенная 23 сент. 1910 г. на 82 съѣздѣ нѣмецкихъ естествоиспытателей и врачей въ Кенигсбергѣ. Phys. Zeitschr. 11. s. 922 (1910).

Съ тѣхъ поръ, какъ всякому извѣстно, въ физикѣ произошли неожиданныя измѣненія. И если бы Гельмгольтцъ оказался сегодня среди насъ, то, услышавъ нѣкоторыя сообщенія въ секціи физики, онъ, безъ сомнѣнія, удивленно покачалъ бы головой. На первое мѣсто слѣдуетъ поставить грандіозные успѣхи въ техникѣ экспериментированія, успѣхи, повлекшіе за собою эти неожиданныя перемѣны. Пріобрѣтенія въ нѣкоторыхъ областяхъ, достигнутыя благодаря этому, послѣдовали такъ неожиданно, что въ настоящее время мы склонны считать разрѣшимыми даже тѣ проблемы, осилить которыя казалось невозможнымъ всякому человѣку два—три десятилѣтія тому назадъ. Теперь, вообще говоря, съ принципіальной точки зрѣнія едва-ли считаютъ что-нибудь технически абсолютно невозможнымъ. Но теоретики также въ значительной степени восприняли отвагу экспериментаторовъ. Они нынѣ подходятъ къ вопросу со смѣлостью, неслыханною въ прежнія времена. Въ настоящее время нѣтъ того положенія, которое было бы гарантировано отъ сомнѣній; каждая физическая истина считается могущею быть критикуемой. И иногда кажется, что въ области теоретической физики снова наступаетъ время хаоса.

Но чѣмъ многосложнѣе это обиліе новыхъ фактовъ, чѣмъ пестрѣе разнообразіе новыхъ идей, тѣмъ повелительнѣе звучитъ съ другой стороны призывъ къ объединяющему міровоззрѣнію. Подобно тому, какъ успѣхъ всякаго эксперимента обезпечивается только надлежащей постановкой опытовъ, такъ и пригодная въ широкомъ объемѣ рабочая гипотеза можетъ помочь правильной постановкѣ вопроса только благодаря цѣлесообразному физическому міровоззрѣнію. Этотъ призывъ къ всеобъемлю-

щему міровоззрѣнію не только знаменателенъ для физики, онъ существенъ и для всего естествознанія; вѣдь, переворотъ въ области принциповъ физики не можетъ не отозваться на другихъ отрасляхъ науки о природѣ.

Безспорно, что міровоззрѣніе, оказывавшее до сихъ поръ величайшія услуги физикѣ, было механическое. Если мы вспомнимъ, что механическое міровоззрѣніе имѣетъ цѣлью объяснить всѣ качественныя различія въ концѣ концовъ движеніемъ, то мы должны дать ему слѣдующее опредѣленіе: механическое міровоззрѣніе есть ученіе, согласно которому всѣ физическіе процессы окончательно сводятся къ движенію неизмѣняемыхъ, однородныхъ, матеріальныхъ точекъ или просто элементарныхъ массъ. По поводу механическаго міровоззрѣнія я и буду говорить здѣсь всегда въ этомъ смыслѣ. Но является ли эта гипотеза основной и по сей день и выполняетъ ли она свою роль, если принять во вниманіе новѣйшее развитіе физики?

Съ давнихъ поръ существуютъ физики и философы, которые считаютъ утвердительный отвѣтъ на этотъ вопросъ не только чѣмъ-то само собою разумѣющимся, но прямо постулатомъ физическихъ изслѣдованій. Согласно такому воззрѣнію, задача теоретической физики заключается непосредственно въ томъ, чтобы всѣ явленія въ природѣ свести къ движенію. Въ противоположность этому всегда были скептики, которые сомнѣвались въ фундаментальномъ характерѣ такой формулировки этой проблемы, которые находили механическое міровоззрѣніе слишкомъ узкимъ, чтобы связать пестрое многообразіе всѣхъ явленій природы. И въ наши дни трудно сказать, какое изъ этихъ двухъ мнѣній пріобрѣло рѣши-

тельный перевѣсъ. Только теперь, повидимому, обнаруживается, что, наконецъ, наступаетъ окончательное рѣшеніе вопроса, какъ результатъ того глубокаго движенія, которое охватило теоретическую физику. Это движеніе носитъ до такой степени радикальный характеръ и производитъ такой переворотъ въ наукѣ, что волны его, перебѣгая черезъ все относящееся къ физикѣ, ударяютъ о сосѣднія области химіи, астрономіи и даже теоріи познанія; а въ средѣ участниковъ этого движенія возвѣщаются битвы научныхъ идей, которыя могутъ сравниться только съ борьбой за міровоззрѣніе Коперника. Въ дальнѣйшемъ я намѣренъ изложить Вамъ, что́ привело къ этой революціи и какъ, по всей вѣроятности, разрѣшится вызванный ею кризисъ.

Расцвѣтъ механическаго міровоззрѣнія произошелъ въ прошломъ столѣтіи. Первый могущественный толчекъ этому былъ данъ открытіемъ принципа сохраненія энергіи, который иногда, особенно въ началѣ своего открытія, прямо отождествлялся съ механическимъ міровоззрѣніемъ. Это недоразумѣніе произошло, по всей вѣроятности, вслѣдствіе того, что съ точки зрѣнія механическаго міровоззрѣнія принципъ энергіи выводится очень легко: если всякая энергія механическаго происхожденія, то въ основаніи принципа энергіи лежитъ ничто иное, какъ издавна извѣстный механическій законъ живыхъ силъ. Въ этомъ случаѣ во всей природѣ имѣютъ мѣсто только два рода энергіи—кинетическая и потенціальная, и въ каждомъ опредѣленномъ видѣ энергіи, какъ, напримѣръ, въ теплотѣ, электричествѣ и магнетизмѣ, надо только разсудить, какого она рода: кинетическая или потенціальная. Это именно и есть та точка зрѣнія, на которую сталъ Гельмгольтцъ въ своей первой, со-

ставляющей эпоху, работѣ «О сохраненіи силы». Но протекло не мало времени, прежде чѣмъ пришли къ сознанію, что законъ сохраненія энергіи ровно ничего еще не говоритъ о природѣ самой энергіи. Впрочемъ, это мнѣніе было высказано еще Робертомъ Майеромъ, впервые установившимъ механическій эквивалентъ тепла.

Особенной причиной развитія механическаго міровоззрѣнія была эволюція кинетической теоріи газовъ. Послѣдняя совпала, къ счастію, съ тѣмъ направленіемъ, по которому какъ разъ тогда пошло химическое изслѣдованіе. Дѣло въ томъ, что, рѣшая задачу о наиболѣе точномъ отличіи молекулы отъ атома, здѣсь пришли къ закону Авогадро, какъ къ самому подходящему опредѣленію газовыхъ молекулъ, а этотъ законъ и является строгимъ слѣдствіемъ кинетической теоріи газовъ, если ввести живую силу движущихся молекулъ въ качествѣ мѣры температуры. Такимъ образомъ, благодаря атомистикѣ, явленія диссоціаціи, ассоціаціи, изомеріи, оптической активности молекулъ могли быть подробно освѣщены механически и притомъ такъ же успѣшно, какъ физическія явленія тренія, диффузіи, теплопроводности.

Но, безъ сомнѣнія, все-таки оставалась неразрѣшенной самая важная проблема—это вопросъ, какъ объяснить движеніемъ различіе химическихъ элементовъ. Но и здѣсь блеснула надежда. Дѣло въ томъ, что періодическая система элементовъ какъ будто ясно указывала на однородность матеріи въ концѣ концовъ. И когда гипотеза Прута, гласившая, что первичная матерія есть водородъ, обнаружила свою несостоятельность по той причинѣ, что атомные вѣса элементовъ не кратны въ точности атомному вѣсу водорода, то все же оставалась возможность выбрать первичные атомы — эти камни,

изъ которыхъ построены всѣ химическіе элементы— достаточно малыми и, такимъ образомъ, отстоять единство первичной матеріи.

Нѣкоторое время казалось, что серьезная опасность для атомической теоріи растетъ со стороны энергетики, а именно, со стороны чистой термодинамики.

Такъ какъ выяснилось,—и на это я уже обратилъ особенное вниманіе—что принципъ энергіи совершенно не требуетъ механическаго міровоззрѣнія, то второе начало термодинамики и его многочисленныя примѣненія въ области физической химіи привели къ извѣстному недовѣрію къ атомистикѣ. Всѣ тѣ общіе законы, которые легко, съ полной точностью и во всемъ своемъ объемѣ вытекаютъ изъ чистой термодинамики, каковы, напримѣръ, законы теплоты, испаренія и плавленія, осмотическаго давленія, электролитической диссоціаціи, пониженія точки замерзанія и повышенія точки кипѣнія, выводились только съ трудомъ и съ нѣкоторымъ лишь приближеніемъ при помощи атомической теоріи. Въ особенности это относится къ жидкостямь и твердымъ тѣламъ, гдѣ методы атомической теоріи еще не совсѣмъ были введены, между тѣмъ какъ методы термодинамики одинаково суверенно управляютъ всѣми тремя аггрегатными состояніями и достигли самаго блестящаго успѣха при изученіи жидкихъ растворовъ. Прежде всего, механическому міровоззрѣнію доставила много хлопотъ необратимость естественныхъ процессовъ, потому что всѣ процессы механики обратимы, и понадобился глубокопроникающій анализъ и не менѣе непреклонный научный оптимизмъ Лудвига Больтцмана, чтобы не только примирить атомистику со вторымъ началомъ, но даже впервые при помощи атомистики сдѣ-

лать понятной основную идею послѣдняго. Всѣ эти трудности были преодолѣны шутя, или, лучше сказать, онѣ вообще не существовали для послѣдователей чистой термодинамики. Сведеніе тепловой и химической энергіи къ механической они не считали вовсе проблемой и твердо держались предположенія о существованіи различныхъ видовъ энергіи. Это обстоятельство не разъ заставляло Больтцмана сокрушаться о томъ, что кинетическая теорія газовъ, какъ ему казалось, вышла изъ моды. Впослѣдствіи онъ не сказалъ бы этого, ибо какъ разъ тогда кинетическая теорія достигла высокаго развитія.

Но вскорѣ чистая термодинамика пришла къ своему естественному предѣлу. Такъ какъ второе начало вообще представляетъ лишь неравенство, то уравненія выводятся изъ него только для состояній равновѣсія и въ этомъ случаѣ безспорно съ полной всеобщностью и точностью. Но стоитъ только оставить эту область и обратить вниманіе на ходъ физическихъ и химическихъ процессовъ во времени, и второе начало будетъ въ состояніи указать лишь направленіе процессовъ и нѣкоторыя качественныя свойства тѣхъ изъ нихъ, которыя весьма мало отличаются отъ состоянія равновѣсія. Съ количественной же стороны второе начало не даетъ оцѣнки скорости реакціи, а тѣмъ болѣе возможности углубиться въ детали даннаго процесса. Здѣсь пришлось уже руководствоваться исключительно атомистическими представленіями, и послѣднія удовлетворили всѣмъ требованіямъ. Въ особенности важными оказались эти представленія для законовъ іонизаціи и вообще для всѣхъ тѣхъ явленій, гдѣ играютъ роль электроны. Здѣсь достаточно указать, что дисперсія, катодные и Рёнтгеновы лучи, всѣ явленія радіоактивности, обозначая только однимъ словомъ эту

неизмѣримую область, становятся понятными лишь на основаніи кинетической атомистики.

Даже въ исконной области термодинамики, въ ученіи о состояніяхъ равновѣсія, т. е. стаціонарныхъ состояніяхъ, кинетическая теорія пролила свѣтъ на нѣкоторые вопросы, которые могли бы остаться темными для чистой термодинамики. Кинетическая теорія сдѣлала болѣе понятнымъ процессъ испусканія и поглощенія тепловыхъ лучей; объяснивъ, такъ называемое, Броуновское молекулярное движеніе; она представила прямое и, такъ сказать, осязательное доказательство своихъ правъ и необходимости своего существованія, и такимъ образомъ отпраздновала свою величайшую побѣду. Обобщая, можно сказать: въ предѣлахъ ученія о теплотѣ, въ химіи и электронной теоріи кинетическая атомистика не есть только рабочая гипотеза, она является прочной и надолго обоснованной теоріей.

Какъ же обстоитъ дѣло съ механическимъ міровозрѣніемъ? Вѣдь, оно не могло бы довольствоваться атомическимъ строеніемъ матеріи и электричества, оно предъявило бы дальнѣйшія требованія, состоящія въ томъ, чтобы всѣ безъ исключенія явленія природы были истолкованы движеніемъ одинаковыхъ матеріальныхъ точекъ.

Величественнѣйшая, но, вѣроятно, и послѣдняя попытка принципіально свести всѣ естественные процессы къ движенію заключается въ механикѣ Гертца. Тутъ стремленіе механическаго міропониманія къ монистической картинѣ міра достигло вполнѣ идеальнаго совершенства. Механика Гертца, собственно говоря, не есть физика настоящаго, это физика будущаго или, такъ сказать, родъ физическаго вѣроисповѣданія. Она устанавливаетъ программу такой высокой послѣдовательности и гармоніи,

что оставляетъ далеко за собой всѣ прежнія попытки, направленныя къ той же цѣли. Гертцъ не считаетъ достаточнымъ положить въ основаніе механическаго міровоззрѣнія исключительно движеніе простыхъ, однородныхъ, матеріальныхъ точекъ, этихъ единственно-подлинныхъ кирпичей физической вселенной. Онъ идетъ дальше той точки зрѣнія, на которую сталъ Гельмгольтцъ въ своемъ сочиненіи „О сохраненіи силы"; а именно, онъ съ самаго начала исключаетъ разницу между потенціальной и кинетической энергіей, т.-е. тѣ проблемы, которыя относятся къ изслѣдованію спеціальныхъ видовъ энергіи. Согласно Гертцу, существуетъ не только единственный родъ матеріи—матеріальная точка, но и единственный родъ энергіи—кинетическая. Всякая иная энергія, которую мы называемъ обыкновенно потенціальной, электромагнитной, химической, термической, на самомъ дѣлѣ представляетъ кинетическую энергію движенія невидимыхъ матеріальныхъ точекъ. Различіе этихъ видовъ энергіи обусловливается исключительно тѣми связями, какія существуютъ въ природѣ между положеніями и скоростями разсматриваемыхъ матеріальныхъ точекъ. Эта механическая связь не наноситъ никакого ущерба дѣйствительному значенію принципа энергіи, такъ какъ она оказываетъ вліяніе на направленіе движенія, но не на величину живыхъ силъ, приблизительно подобно тому, какъ искривленіе рельсъ заставляетъ свернуть съ пути мчащійся поѣздъ, но не уменьшаетъ скорости его движенія. Слѣдовательно, согласно Гертцу, всѣ движенія въ природѣ зависятъ, въ конечномъ результатѣ, исключительно отъ инертности матеріи. Прекраснымъ примѣромъ такого воззрѣнія является кинетическая теорія газовъ. Энергія упругости покоющихся молекулъ газа,

разсматривавшаяся раньше, какъ потенціальная, замѣнена кинетической энергіей движущихся молекулъ. Такое радикальное упрощеніе гипотезъ влечетъ за собою то, что и законы Гертцовской механики удивительны по своей простотѣ и ясности.

Однако, при ближайшемъ разсмотрѣніи оказывается, что трудности не устранены, а только отодвинуты и отодвинуты въ область почти недоступную для опытной повѣрки. Самъ Гертцъ, вѣроятно, чувствовалъ это; какъ подчеркиваетъ Гельмгольтцъ въ своемъ предисловіи къ этому посмертному сочиненію Гертца, послѣдній ни разу даже не сдѣлалъ попытки въ какомъ-нибудь опредѣленномъ простомъ случаѣ описать свойства введенныхъ имъ незримыхъ движеній съ ихъ своеобразными связями. Въ этомъ направленіи мы и по сей день не сдѣлали и шагу впередъ; напротивъ, мы увидимъ, что прогрессъ физики проложилъ себѣ между тѣмъ совершенно иные пути, отличные не только отъ концепціи Гертца, но и отъ механической вообще. Дѣло въ томъ, что какъ разъ среди физическихъ явленій, наиболѣе тщательно изслѣдованныхъ, находится большая группа процессовъ, которая, повидимому, противопоставила непреоборимое препятствіе проведенію механическаго міровоззрѣнія.

Я обращаюсь сейчасъ къ свѣтовому эѳиру, къ этому дитяти механической теоріи по истинѣ зачатому въ скорби. Усилія истолковать свѣтовыя волны, какъ движенія нѣкоторой тонко-распредѣленной матеріи имѣютъ ту же давность, что и волнообразная теорія Хьюгенса. И соотвѣтственно этому, многообразенъ рядъ понятій, выработанныхъ на протяженіи вѣковъ о сущности этой загадочной среды. И дѣйствительно. Пусть вѣрно, что существованіе матеріальнаго свѣтового эѳира является

постулатомъ механической теоріи, такъ какъ, согласно послѣдней, должно быть движеніе тамъ, гдѣ есть энергія, а гдѣ существуетъ движеніе, тамъ необходимо должно быть и то, что движется; но въ такомъ случаѣ поведеніе эѳира страшно выдѣляется среди остальныхъ извѣстныхъ намъ видовъ матеріи одной ужъ его необыкновенно малой плотностью по сравненію съ той его колоссальной упругостью, которою обусловливается чрезвычайно большая скорость распространенія свѣтовыхъ волнъ. По Хьюгенсу, считавшему, что свѣтовыя волны имѣютъ продольное колебаніе, можно было еще представлять себѣ свѣтовой эѳиръ, какъ въ чрезвычайно высокой степени разрѣженный газъ, но по Френелю, который доказалъ поперечность свѣтовыхъ колебаній, приходится разсматривать эѳиръ, уже какъ твердое тѣло, такъ какъ въ газообразномъ эѳирѣ свѣтовыя волны поперечнаго характера не могли бы распространяться. Неоднократно пытались истолковать поперечныя волны съ помощью процессовъ, подобныхъ тренію, что имѣетъ мѣсто въ газахъ, но такой путь оказался неподходящимъ уже по одному тому, что въ свободномъ эѳирѣ нельзя доказать ни существованія поглощенія свѣта, ни зависимости скорости распространенія отъ окраски. Такимъ образомъ пришлось допустить существованіе твердаго тѣла съ удивительнымъ свойствомъ, состоящимъ въ томъ, что небесныя тѣла проходятъ сквозь него, не испытывая сопротивленія, которое можно было бы какъ-нибудь обнаружить. Но это было только началомъ трудностей. Всякая попытка примѣнить уравненія теоріи упругости твердаго тѣла къ свѣтовому эѳиру приводила къ необходимости продольныхъ колебаній, которыя не существуютъ въ дѣйствительности; по крайней мѣрѣ ихъ нельзя было

обнаружить, хотя къ этому настойчиво стремились неоднократно и различными способами. Только построивъ гипотезу о безконечно малой или же безконечно большой сжимаемости эѳира, можно было освободиться отъ этихъ продольныхъ колебаній. Но оказалось, что даже и тогда невозможно въ достаточной степени удовлетворительно оправдать пограничныя условія на поверхности раздѣла двухъ средъ.

Я воздержусь здѣсь отъ описанія всѣхъ разнообразныхъ, болѣе или менѣе запутанныхъ предположеній, при помощи которыхъ пробовали одолѣть эти трудности; я хочу только указать на одинъ опасный симптомъ, который подчасъ сопровождаетъ безплодныя гипотезы и который далъ себя непріятно почувствовать и въ данной проблемѣ: я имѣю въ виду появленіе физическихъ контраверзъ, которыхъ вовсе нельзя разрѣшить соотвѣтствующими измѣреніями. Сюда относится прежде всего знаменитый споръ между Френелемъ и Нейманомъ о связи между направленіемъ колебаній прямолинейно поляризованнаго свѣта и плоскостью поляризаціи. Едва ли можно назвать область физики, гдѣ бы всевозможными орудіями опыта и теоріи велась болѣе упорная борьба по вопросу, повидимому, въ самомъ корнѣ неразрѣшимому.

Только съ возникновеніемъ электромагнитной теоріи свѣта эта борьба, какъ лишенная значенія, была прекращена—лишенная значенія, конечно для концепціи, которая удовлетворяется тѣмъ, что разсматриваетъ свѣтъ, какъ явленіе электродинамическое. Проблема механическаго объясненія свѣтовыхъ волнъ осталась неразрѣшенной, она была только перенесена къ рѣшенію задачи гораздо болѣе общей: всѣ электромагнитныя явленія,

какъ статическія, такъ и динамическія, свести къ движенію. И дѣйствительно, по мѣрѣ развитія электродинамики росъ все болѣе и болѣе интересъ къ этой болѣе широкой задачѣ. Исходя изъ этихъ болѣе общихъ соображеній, выступили съ обширными вспомогательными средствами съ цѣлью дать болѣе тщательное рѣшеніе вопроса, а, благодаря этому, опять усилилось значеніе свѣтового эѳира: будучи до сихъ поръ мѣстопребываніемъ оптическихъ волнъ, онъ становится теперь носителемъ всѣхъ электромагнитныхъ явленій, по крайней мѣрѣ, въ абсолютной пустотѣ.

Но все было напрасно—свѣтовой эѳиръ продолжалъ издѣваться надъ всѣми стараніями понять его съ механической точки зрѣнія. Правда, казалось очевиднымъ, что электрическая и магнитная энергіи въ извѣстномъ смыслѣ такъ относятся другъ къ другу, какъ кинетическая и потенціальная, и спрашивалось прежде всего, какую энергію считать кинетической: электрическую или магнитную. Первое предположеніе привело бы оптику къ теоріи Френеля, второе—къ теоріи Неймана. Однако, надежда на то, что теперь уже, благодаря введенію свойствъ статическаго и стаціонарнаго полей, найдутся искомыя точки опоры для рѣшенія вопроса, неразрѣшимаго оптическимъ способомъ, — эта надежда не оправдалась; наоборотъ, оно значительно умножило трудности. Чтобы постигнуть строеніе эѳира, были исчерпаны всѣ предложенія и комбинаціи, какія только можно себѣ представить; на этомъ поприщѣ самымъ дѣятельнымъ среди великихъ физиковъ оставался до конца своей жизни лордъ Кельвинъ. И обнаружилось, что изъ единой механической гипотезы невозможно вывести электродинамическихъ процессовъ въ свободномъ эѳирѣ, въ то

время какъ тѣ же процессы удивительно просто и съ точностью, подтверждающейся во всѣхъ подробностяхъ и понынѣ, воспроизводятся дифференціальными уравненіями Максвелла-Гертца. Я думаю, что по крайней мѣрѣ въ физическихъ кругахъ я не встрѣчу серьезнаго возраженія, если сжато выражусь слѣдующимъ образомъ: предположеніе примѣнимости простыхъ дифференціальныхъ уравненій Максвелла-Гертца къ электродинамическимъ явленіямъ въ чистомъ эѳирѣ исключаетъ возможность механическаго объясненія послѣднихъ. То обстоятельство, что Максвеллъ пришелъ къ своимъ уравненіямъ, исходя изъ механическихъ представленій, не мѣняетъ, конечно, сущности дѣла. Не впервые получается совершенно правильный результатъ изъ ассоціацій идей, не имѣющихъ вполнѣ достаточныхъ основаній. Тотъ, кто и теперь крѣпко держится за механическое объясненіе электродинамическихъ процессовъ въ свободномъ эѳирѣ, принужденъ считать уравненія Максвелла-Гертца не совсѣмъ точными и принужденъ дополнить ихъ введеніемъ нѣкоторыхъ величинъ достаточно малаго порядка. Конечно, противъ права на осуществленіе такой точки зрѣнія заранѣе ничего нельзя возразить,—здѣсь открывается обширное поле для всякаго рода спекуляцій, но съ другой стороны, необходимо замѣтить и то, что эти доказательства могутъ быть выполнены исключительно экспериментальнымъ путемъ и что при каждомъ такомъ экспериментѣ необходимо постоянно считаться съ возможностью прибавить еще одинъ новый опытъ къ цѣлому ряду тщетно до сихъ поръ придуманныхъ. Объ экспериментахъ подобнаго рода я уже говорилъ; но я не упомянулъ еще объ одномъ, наиболѣе важномъ изъ всѣхъ, потому что его значеніе совершенно не зависитъ отъ ближай-

шихъ предположеній относительно природы свѣтового эѳира.

Дѣйствительно, пусть думаютъ о строеніи эѳира, что хотятъ, пусть считаютъ его непрерывнымъ или прерывнымъ, состоящимъ изъ «*атомовъ эѳира*» или «*нейтроновъ*», постоянно возникаетъ вопросъ: увлекается ли движущимся прозрачнымъ тѣломъ находящійся въ немъ эѳиръ, или же весь онъ или его часть остается въ покоѣ при движеніи этого тѣла. На этотъ вопросъ съ увѣренностью можно отвѣтить, что свѣтовой эѳиръ, во всякомъ случаѣ, увлекается не всегда цѣликомъ, часто же вовсе не увлекается. И дѣйствительно, въ движущемся газѣ, напримѣръ, въ движущемся воздухѣ, свѣтъ распространяется явно независимо отъ скорости воздуха, или же—да будетъ мнѣ позволено это образное выраженіе, — свѣтъ движется противъ вѣтра съ такою же скоростью, какъ и по направленію вѣтра. Въ срединѣ прошлаго столѣтія Физо доказалъ это при помощи тонкаго опыта надъ интерференціей свѣта. Такимъ образомъ, мы должны себѣ представить, что эѳиръ, въ которомъ распространяются свѣтовыя волны, не подвергается замѣтному вліянію движущагося воздуха; онъ остается въ покоѣ, когда послѣдній проходитъ сквозь него. Но въ такомъ случаѣ самъ собою напрашивается слѣдующій вопросъ: какъ же велика скорость, съ которою атмосферный воздухъ движется въ эѳирѣ?

На этотъ вопросъ ни въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ, ни при помощи различныхъ измѣреній невозможно было отвѣтить. Атмосферный воздухъ, окружающій землю, участвуетъ во всемъ своемъ цѣломъ въ движеніи земли. Это значитъ, что по отношенію къ солнцу величина его скорости равна приблизительно 30 $\frac{\text{клм.}}{\text{сек.}}$, а направленіе

въ теченіе года постоянно мѣняется. Если эта скорость равна даже $^1/_{10000}$ скорости свѣта, то навѣрное можно придумать оптическіе эксперименты, которые, согласно всему тому, что намъ извѣстно изъ оптики, позволили бы опредѣлить порядокъ величины этой скорости. Изслѣдованія, касающіяся измѣренія скорости земли по отношенію къ свѣтовому эѳиру, заполняютъ многія страницы лѣтописей физики. Но все остроуміе, все экспериментальное искусство изслѣдователей потерпѣло крушеніе. Природа была нѣма, она отказывалась отвѣчать. Нигдѣ нельзя было найти и слѣда вліянія движенія земли на свѣтовыя явленія внутри нашей атмосферы. Самымъ замѣчательнымъ въ этомъ отношеніи былъ результатъ опыта Майкельсона, въ которомъ сравнивались распространенія свѣта въ направленіи движенія земли и въ направленіи ему перпендикулярномъ. Всѣ принципіальныя обстоятельства этого опыта настолько просты, а методъ измѣренія до такой степени чувствителенъ, что вліяніе движенія земли должно было непремѣнно обнаружиться весьма отчетливо. Но искомаго эффекта не было подмѣчено.

Передъ лицомъ столь затруднительнаго и чрезвычайно загадочнаго для теоретической физики положенія вещей не могло, конечно, не прійти на умъ: не лучше ли подступить съ другой стороны къ проблемѣ свѣтового эѳира? А что, если крушеніе всѣхъ опытовъ, относящихся къ механическимъ свойствамъ эѳира, имѣетъ принципіальную почву? А что, если не имѣли никакого физическаго смысла всѣ затронутые вопросы о строеніи эѳира, о его плотности, объ упругихъ свойствахъ, о продольныхъ колебаніяхъ, о связи скорости эѳирныхъ волнъ съ плоскостью поляризаціи, о скорости земной атмосферы относительно эѳира?

Въ такомъ случаѣ стремленія рѣшить эти вопросы слѣдовало бы поставить на ту же ступень, на которой приблизительно стоитъ усиліе построить Perpetuum mobile. Тутъ мы достигли поворотнаго пункта. Гельмгольтцъ въ своей вышеупомянутой мною Кенигсбергской рѣчи съ особенной настойчивостью указывалъ на то, что первый шагъ къ открытію принципа энергіи былъ сдѣланъ тогда, когда впервые всплылъ вопросъ: какія соотношенія должны существовать между силами природы, если навѣрное невозможно построить Perpetuum mobile? Точно также мы имѣемъ право утверждать, что первый шагъ къ открытію *принципа относительности* совпадаетъ съ нижеслѣдующимъ вопросомъ: какія соотношенія должны существовать между силами природы, если навѣрное невозможно обнаружить въ свѣтовомъ эѳирѣ какія бы то ни было матеріальныя свойства? А что, если свѣтовыя волны распространяются въ пространствѣ, не имѣя вообще никакого матеріальнаго носителя ихъ? Если да, то естественно, что скорости движущагося тѣла по отношенію къ эѳиру вовсе нельзя опредѣлить, не говоря уже о томъ, что ея совершенно невозможно измѣрить.

Мнѣ нѣтъ надобности особенно обращать Ваше вниманіе на то, что съ этими положеніями механическое міросозерцаніе никакъ уже несовмѣстимо. Поэтому тотъ, кто смотритъ на механическое міровоззрѣніе, какъ на постулатъ физическаго мышленія, никогда не помирится съ принципомъ относительности. А тотъ, кто судитъ болѣе свободно, спроситъ раньше всего, куда этотъ принципъ ведетъ насъ.

Здѣсь разумѣется прежде всего, что данная выше чисто отрицательная формулировка принципа получитъ плодотворное содержаніе лишь при томъ условіи, что онъ

будетъ комбинированъ съ началами положительными, а какъ таковыя наиболѣе удовлетворяютъ требованіямъ упомянутыя уже уравненія Максвелла-Гертца для электродинамическихъ процессовъ въ свободномъ эфирѣ, или, какъ мы теперь выразимся лучше, въ абсолютной пустотѣ. Вѣдь, по сравненію со всякой средой, пустота мыслима проще всего и, соотвѣтственно этому, во всей физикѣ, за исключеніемъ общихъ законовъ, нѣтъ соотношеній, которыя бы такъ успѣшно улавливали тонкія явленія природы и притомъ, повидимому, считались бы болѣе точными, чѣмъ эти уравненія.

Однако, новая истина всегда принуждена прежде всего бороться съ извѣстными трудностями, ибо въ противномъ случаѣ она была бы открыта уже гораздо раньше. Главная трудность принципа относительности заключается въ тѣхъ глубоко проникающихъ, можно прямо сказать, революціонизирующихъ послѣдствіяхъ для понятія времени, которыя съ необходимостью изъ него вытекаютъ. Да будетъ мнѣ позволено растолковать этотъ кардинальный пунктъ на конкретномъ примѣрѣ.

Согласно принципу относительности ни при какихъ условіяхъ невозможно опредѣлить общую постоянную скорость всѣхъ составныхъ частей нашей солнечной системы при помощи измѣреній, произведенныхъ внутри этой системы. Скорость, какъ бы велика она ни была, ни въ какомъ случаѣ не можетъ по своему вліянію имѣть значеніе внутри системы. Для астрономовъ этотъ законъ не представляетъ ровно ничего новаго; ему должны подчиниться также и физики. Каждому образованному человѣку извѣстно, что, если онъ наблюдаетъ какое-нибудь особенное явленіе на какомъ-нибудь небесномъ тѣлѣ, напримѣръ, на солнцѣ, то солнечное событіе про-

исходитъ не въ то же самое мгновеніе, въ которое оно воспринимается на землѣ; между появленіемъ событія и его наблюденіемъ протекаетъ опредѣленное время, то время, которое необходимо свѣту, чтобы пробѣжать пространство отъ солнца до земли. Если предположить, что солнце и земля находятся въ покоѣ — движеніемъ земли вокругъ солнца мы можемъ въ данномъ случаѣ совершенно пренебречь, — то время будетъ равно приблизительно 8 минутамъ. Но если солнце и земля движутся съ общею скоростью приблизительно по направленію отъ земли къ солнцу, такъ что земля приближается къ солнцу, а солнце съ такою же скоростью удаляется отъ земли, то это время короче. Подобно гонцу, несетъ свѣтовая волна землѣ вѣсти отъ солнца; покинувъ солнце, пробѣгаетъ она, независимо отъ его движенія, космическое пространство со скоростью свѣта; земля идетъ гонцу навстрѣчу и принимаетъ его раньше, чѣмъ если бы спокойно ожидала его прибытія. Наоборотъ: если земля удаляется отъ солнца, а послѣднее слѣдуетъ за ней на одномъ и томъ же разстояніи, то время между событіемъ и наблюденіемъ его удлиняется.

Такимъ образомъ, поставивъ вопросъ: сколько же именно времени протекаетъ «въ дѣйствительности» между событіемъ на солнцѣ и наблюденіемъ на землѣ? мы тѣмъ самымъ спрашиваемъ: какова же «въ дѣйствительности» скорость земли и солнца? И такъ какъ, согласно принципу относительности, ни при какихъ условіяхъ нельзя приписать физическаго смысла послѣднему вопросу, то это вѣрно и по отношенію къ первому или, иными словами: обозначеніе момента времени имѣетъ въ физикѣ только тогда опредѣленный смыслъ, когда принято во вниманіе состояніе скорости (Geschwindigkeitszustand) наблюдателя, для котораго это обозначеніе имѣетъ силу.

Выводъ, заключающійся въ томъ, что величина времени, подобно величинѣ скорости, получаетъ значеніе чисто относительное, что понятія «раньше» и «позже» по поводу двухъ независящихъ другъ отъ друга событій, происшедшихъ въ двухъ различныхъ мѣстахъ, могутъ имѣть прямо противоположный смыслъ для двухъ различныхъ наблюдателей, звучитъ въ первый моментъ какъ-то чудовищно и совершенно непріемлемо для лицъ, способныхъ лишь къ обыденному воззрѣнію. Но все же оно можетъ быть не звучитъ менѣе пріемлемо, чѣмъ утвержденіе, провозглашенное 500 лѣтъ тому назадъ, что вертикальное направленіе не остается абсолютно постояннымъ, но что оно въ теченіе 24 часовъ описываетъ въ пространствѣ конусъ. Требованіе очевидности, будучи во многихъ случаяхъ справедливымъ, можетъ, смотря по обстоятельствамъ, служить и вреднымъ тормазомъ въ особенности тогда, когда новыя великія идеи прокладываютъ себѣ путь въ науку. Безспорно, многія плодотворныя идеи физики выросли на почвѣ непосредственнаго созерцанія, но между ними всегда существовали и такія и притомъ не послѣднія, которыя принуждены были завоевать себѣ соотвѣтствующее положеніе въ борьбѣ съ традиціонными воззрѣніями.

Каждый изъ насъ прекрасно помнитъ о тѣхъ трудностяхъ, съ которыми пришлось считаться его дѣтской способности представлять себѣ, когда онъ въ первый разъ силился понять, что на земномъ шарѣ живутъ люди, которые стоятъ по отношенію къ намъ вверхъ ногами, что эти люди такъ же самоувѣренно, какъ и мы, передвигаются по землѣ, не рискуя сорваться съ шара или, по крайней мѣрѣ, не испытывая страданій отъ болѣзненнаго прилива крови къ головѣ. Пусть сегодня

кто-нибудь приведетъ существеннымъ возраженіемъ противъ относительности всѣхъ пространственныхъ направленій недостаточную наглядность этого, — его просто высмѣютъ.

Я не увѣренъ, что спустя 500 лѣтъ та же участь не повторится съ тѣмъ, кто начнетъ сомнѣваться въ относительномъ характерѣ времени.

Масштабъ къ оцѣнкѣ новой физической гипотезы лежитъ не въ ея очевидности, а въ ея результатахъ. Разъ гипотеза показала уже себя плодотворной, къ ней привыкаютъ, а затѣмъ мало-по-малу совершенно сама собою она становится и очевидной. Когда изслѣдованія электромагнитныхъ дѣйствій были еще несовершенны, всегда думали, что картины текущей воды, гидравлическаго насоса, натянутыхъ резиновыхъ нитей неизбѣжны для нагляднаго поясненія гальваническаго тока, электродвижущей силы и магнитныхъ силовыхъ линій. Въ настоящее время электротехники пренебрегаютъ, конечно, большею частью этими несовершенными аналогіями и охотнѣе оперируютъ прямо электромагнитными представленіями, ставшими для нихъ обычными. Я случайно даже обратилъ вниманіе на то, что, напротивъ, при помощи электромагнитныхъ аналогій пытались наглядно объяснить болѣе сложныя движенія жидкостей, какъ, напримѣръ, вихри Гельмгольтца.

Какъ обстоитъ въ этомъ отношеніи дѣло съ теоріей относительности? Безъ сомнѣнія, она предъявляетъ въ высшей степени широкія требованія къ способности физической абстракціи, но зато ея методы удобны, универсальны, и прежде всего она представляетъ результаты однозначущіе и сравнительно легко подающіеся формулировкѣ. Между піонерами въ этой новой сферѣ на пер-

вомъ мѣстѣ стоитъ Гендрикъ А. Лорентцъ, открывшій понятіе относительности времени и примѣнившій это понятіе въ электродинамикѣ, не связавъ его, во всякомъ случаѣ, съ послѣдствіями столь радикальными; затѣмъ слѣдуетъ Альбертъ Эйнштейнъ, отважившійся провозгласить универсальнымъ постулатомъ относительность всякаго обозначенія времени; и, наконецъ Германъ Минковскій, которому удалось облечь эту теорію въ округленную математическую систему.

Не случайность, что эти абстрактныя проблемы заинтересовали преимущественно математиковъ и нашли у нихъ содѣйствіе, особенно послѣ того, какъ оказалось, что руководящіе здѣсь методы по большей части совпадаютъ съ тѣми, которые были развиты въ геометріи четырехъ измѣреній. Но и лишенные предразсудковъ истые физики-экспериментаторы никоимъ образомъ не относятся à priori враждебно къ принципу относительности, а просто ставятъ свое положеніе въ зависимость отъ того, къ какимъ результатамъ приведетъ опытное изслѣдованіе теоріи. Въ этомъ отношеніи слѣдуетъ обратить вниманіе, главнымъ образомъ, на то, что число слѣдствій для физики, вытекающихъ изъ теоріи относительности, достаточно обильно, но что изслѣдованіе ихъ требуетъ такихъ точныхъ измѣреній, которыя выполнимы только при крайней степени чувствительности приборовъ. Происходитъ это отъ того, что скорости тѣлъ, которыми мы располагаемъ во время опыта, обыкновенно чрезвычайно малы по сравненію со скоростью свѣта. Наиболѣе быстрыя движенія мы находимъ у электроновъ, вслѣдствіе чего и слѣдуетъ ожидать первые надежные и положительные результаты въ области динамики электроновъ. Но чувствительность приборовъ растетъ съ тече-

ніемъ времени, точность измѣреній увеличивается, экспериментальное изслѣдованіе теоріи становится утонченнѣе. Здѣсь дѣло обстоитъ совершенно такъ же, какъ и въ вышеприведенномъ сравненіи съ фигурой нашей планеты. Если бы радіусъ земли не былъ такъ великъ по сравненію съ длинами, имѣющимися въ нашемъ распоряженіи во время опытовъ, то навѣрное мы давно уже знали бы о шаровидности земли и объ относительности всѣхъ пространственныхъ направленій.

Но значеніе этой неоднократно приводимой аналогіи между временемъ и пространствомъ идетъ еще дальше. Это болѣе, чѣмъ аналогія, это тождество, по крайней мѣрѣ, въ математическомъ смыслѣ. Главная заслуга Минковскаго заключается въ указаніи того, что, если измѣрить величины времени подходящими мнимыми (imaginären) единицами, то три протяженія пространства и одно протяженіе времени войдутъ въ основные физическіе законы абсолютно симметрично. Въ виду этого, переходъ отъ одного направленія въ пространствѣ къ другому вполнѣ эквивалентенъ математически и физически переходу отъ одной скорости къ другой, и ученіе объ относительномъ смыслѣ всякаго состоянія скорости становится только дополненіемъ къ ученію объ относительности всякаго направленія въ пространствѣ. И подобно тому, какъ послѣднее ученіе добилось общаго признанія только послѣ долгихъ порывовъ, такъ и первому придется еще выдержать упорную борьбу—борьбу, которая въ наши дни, не то что въ старину, по крайней мѣрѣ, не сопряжена съ опасностью для жизни новаторовъ. Для того, чтобы прійти къ опредѣленному рѣшенію, лучшимъ средствомъ—и притомъ единственнымъ—служитъ болѣе близкое разсмотрѣніе тѣхъ послѣдствій,

къ которымъ ведутъ новыя идеи, и въ этомъ смыслѣ должно быть понято мое дальнѣйшее изложенie.

Согласно принципу относительности, физическій міръ, доступный нашему наблюденію, обладаетъ четырьмя совершенно равноправными протяженіями, которыя могутъ обмѣниваться ролями. Три изъ нихъ называются пространствомъ, четвертое—временемъ, и, такимъ образомъ, изъ каждаго физическаго закона можно вывести три новыхъ закона, замѣняя однѣ изъ входящихъ сюда міровыхъ координатъ другими.

Высшимъ физическимъ закономъ, вѣнцомъ всей этой системы, по крайней мѣрѣ, по моему разумѣнію, является *принципъ наименьшаго дѣйствія*, заключающій всѣ четыре міровыя координаты *), распредѣленныя совершенно симметрично. Изъ этого центральнаго принципа по четыремъ направленіямъ, соотвѣтственно четыремъ протяженіямъ міра, исходитъ сіяніе четырехъ равноправныхъ принциповъ. Пространственнымъ протяженіямъ соотвѣтствуетъ (тройной) принципъ количества движенія, временному—принципъ энергіи. Никогда прежде нельзя было понять, насколько глубокъ смыслъ этихъ принциповъ и прослѣдить до самаго корня ихъ общее происхожденіе. При такомъ воззрѣніи выступаетъ въ новомъ свѣтѣ и отношеніе механическаго міросозерцанія къ энергетическому. Поскольку энергетическое міровоззрѣніе основывается на принципѣ энергіи, постольку механи-

---

*) Такъ какъ принципъ наименьшаго дѣйствія обыкновенно выражается интеграломъ по времени, то предпочтеніе, повидимому, отдается времени. Но эта односторонность кажущаяся и обусловливается только пріемомъ обозначенія. Дѣло въ томъ, что „количество дѣйствія" („Wirkungsquantum") [величина, варіація которой исчезаетъ] какого-нибудь физическаго процесса является инваріантомъ въ противоположность всѣмъ трансформаціямъ Лорентца.

ческое покоится на принципѣ количества движенія. Вѣдь, всѣ три знакомыя Вамъ Ньютоновы уравненія движенія есть ничто иное, какъ формулировка принципа количества движенія, примѣненнаго къ одной только матеріальной точкѣ. Согласно этимъ уравненіямъ, измѣненіе количества движенія равно импульсу силы, между тѣмъ, какъ, согласно принципу энергіи, измѣненіе энергіи равно работѣ силы. Каждое изъ этихъ двухъ міровоззрѣній, механическое и энергетическое, вмѣстѣ съ тѣмъ страдаетъ опредѣленною односторонностью, несмотря на то, что первое лишь постольку, въ сущности говоря, превосходитъ второе, поскольку оно, въ соотвѣтствіи съ векторіальнымъ характеромъ количества движенія, допускаетъ три уравненія, энергетическое же—только одно. Естественно, что сказанное относится не только къ одной матеріальной точкѣ, но вообще ко всякому обратимому процессу въ механикѣ, электродинамикѣ и термодинамикѣ.

Какъ изъ количества движенія, такъ и изъ энергіи движущагося тѣла, можно вывести и его массу, которая, конечно, теряетъ свой элементарный характеръ при такомъ воззрѣніи, а переходитъ въ понятіе вторичное. И дѣйствительно, оказывается, что масса тѣла не есть постоянная величина, а возрастающая до безконечности, когда скорость тѣла приближается къ скорости свѣта. Что масса тѣла не есть величина постоянная, но, строго говоря, зависитъ даже отъ температуры, слѣдуетъ, впрочемъ, независимо отъ теоріи относительности, просто изъ того обстоятельства, что каждое тѣло утаиваетъ внутри себя опредѣленную, зависящую отъ температуры, сумму теплового излученія, инертность которой была впервые выяснена Фрицомъ Хазенӧрлемъ.

Если же понятіе матеріальной точки, принимавшееся до сихъ поръ всѣми за основное, теряетъ свойство постоянства и неизмѣняемости, то спрашивается, гдѣ тѣ прочные, неизмѣняющіеся камни, изъ которыхъ построено все физическое міроздание. На это приходится отвѣтить такъ. Неизмѣнные элементы физической системы, въ основаніи которой лежитъ принципъ относительности, суть, такъ называемыя, универсальныя постоянныя: прежде всего скорость свѣта въ пустотѣ, затѣмъ электрическій зарядъ и покоющаяся масса электрона, получающееся отъ лучистой энергіи «элементарное количество дѣйствія», которое, по всей вѣроятности, играетъ основную роль и въ химическихъ явленіяхъ, постоянная тяготѣнія и многія другія. Эти величины постольку имѣютъ реальный смыслъ, поскольку ихъ значенія не зависятъ отъ свойствъ, мѣстонахожденія и состоянія скорости наблюдателя. Впрочемъ, мы должны помнить, что, вѣроятно, есть еще много подробностей, подлежащихъ объясненію. Если бы мы были въ состояніи дать удовлетворительный отвѣтъ на всѣ подобные вопросы, то физика перестала бы быть индуктивной наукой, а таковой, по всей вѣроятности, она останется навсегда.

Насколько можно заключить изъ этихъ немногихъ замѣчаній, принципъ относительности никоимъ образомъ не является началомъ разрушительнымъ и разлагающимъ, а, наоборотъ, въ высокой степени упорядочивающимъ и созидающимъ. Только форму, которая и безъ того уже была уничтожена неудержимымъ стремленіемъ науки впередъ, онъ отбрасываетъ въ сторону. На мѣстѣ стараго зданія, ставшаго черезчуръ тѣснымъ, принципъ относительности воздвигаетъ новое, болѣе обширное и долговѣчное, въ которомъ найдутъ свое мѣсто въ измѣненной,

но болѣе наглядной группировкѣ всѣ сокровища прежняго и, само собою разумѣется, и описанная мною выше атомистика, и пріуготовляетъ опредѣленное мѣсто для вновь ожидаемыхъ. Онъ удаляетъ изъ физической картины міра всѣ несущественныя черты, привнесенныя случайностью нашихъ человѣческихъ воззрѣній и привычекъ и этимъ очищаетъ науку отъ тѣхъ антропоморфныхъ примѣсей, обязанныхъ своимъ возникновеніемъ характеру физиковъ, полное изгнаніе которыхъ я пробовалъ въ другомъ мѣстѣ представить, какъ истинную цѣль всякаго физическаго познанія. Онъ открываетъ мятежному въ своихъ исканіяхъ изслѣдователю перспективы, полныя совершенно неизмѣримыхъ далей и величія, и ведетъ его къ такимъ системамъ, которыхъ въ прежніе періоды не могли себѣ и представить, и которымъ должна была остаться чуждой даже совершенная по формѣ механика Генриха Гертца. Кто однажды нашелъ въ себѣ смѣлость сдѣлать первый шагъ и углубиться въ послѣдовательность мыслей этихъ новыхъ идей, тотъ уже не будетъ въ состояніи надолго избѣгнуть чаръ, исходящихъ отъ нихъ, и весьма понятно, что натура, обладающая такою художественною чуткостью, какъ Германъ Минковскій, такъ рано похищенный смертью у науки, могла, благодаря имъ, воспламениться яркимъ вдохновеніемъ.

Но вопросы физики рѣшаются не съ эстетической точки зрѣнія, а экспериментально; подъ этимъ во всѣхъ случаяхъ разумѣется безпристрастная, тщательная, терпѣливая детальная работа. Въ томъ то и заключается высокій физическій смыслъ принципа относительности, что на цѣлый рядъ вопросовъ физики, вопросовъ, до сихъ поръ полностью покрытыхъ мракомъ, онъ даетъ со-

вершенно определенный отвѣтъ, который можно подвергнуть контролю опыта. Поэтому принципъ относительности, въ противоположность механической гипотезѣ свѣтового эѳира, слѣдуетъ признать по меньшей мѣрѣ рабочей гипотезой выдающейся плодотворности. Въ настоящее время наиболѣе горячая борьба возникла вокругъ динамики электроновъ; послѣдняя стала доступна точнымъ наблюденiямъ, благодаря открытiю отклоненiя свободно несущагося электрона электрическимъ и магнитнымъ полемъ. Въ различныхъ лабораторiяхъ, независимо другъ отъ друга, свѣдующiя головы и ловкiя руки теперь за работой, и тѣмъ болѣе интересно слѣдить за исходомъ этой борьбы, что сначала казалось, будто измѣренiя противорѣчатъ требованiямъ принципа относительности, между тѣмъ, какъ въ настоящее время стрѣлка вѣсовъ, повидимому, склоняется въ сторону принципа.

Въ виду того, что глаза многочисленныхъ физиковъ и друзей физики устремлены на эти фундаментальные опыты, наше общество тоже засвидѣтельствовало интересъ къ нимъ; оно удѣлило часть доходовъ изъ фонда Тренкля въ пользу подобныхъ экспериментальныхъ изслѣдованiй. Будемъ надѣяться, что изслѣдованiя принесутъ свой драгоцѣнный вкладъ на разрѣшенiе этой проблемы.

Какимъ бы ни оказался исходъ: оправдается ли принципъ относительности, или придется отъ него отказаться, дѣйствительно ли мы стоимъ на порогѣ къ новому мiровоззрѣнiю, или же и это выступленiе не въ состоянiи вывести насъ изъ тьмы,—во всякомъ случаѣ мы должны добиться ясности; нѣтъ цѣны, которая была бы тутъ черезчуръ высокой. Вѣдь, даже разочарованiе, если только оно глубоко и рѣшительно, означаетъ шагъ

впередъ, и связанныя съ нимъ жертвы будутъ щедро вознаграждены пріобрѣтеніемъ новыхъ сокровищъ знанія. Я полагаю, что эти слова я могъ смѣло высказать въ духѣ нашего общества, къ особенной славѣ котораго надо отнести то обстоятельство, что оно никогда не связывало себя научнымъ маршрутомъ, установленнымъ à priori, а всегда рѣшительно отклоняло всякія попытки, клонящіяся къ этому. Не будемъ же сомнѣваться, что въ будущемъ дѣло будетъ обстоять такъ же, и что этотъ нашъ лозунгъ какъ въ физикѣ, такъ и въ каждой отрасли естествознанія, неусыпно будетъ вести насъ впередъ къ единственной цѣли—навстрѣчу свѣту истины.

Перевелъ *Б. Р. Абрамсонъ*.
